

INRA mensuel

n° 104 mars-avril 2000



Listeria et risques alimentaires

L'actualité attire à nouveau l'attention sur les *Listeria*. Nous reprenons ici, plus développé, un texte diffusé lors d'une récente conférence de presse de l'INRA sur la sécurité des aliments.

Qu'est-ce qu'une Listeria ?

Le genre *Listeria* regroupe plusieurs espèces de bactéries, dont une seule, l'espèce *Listeria monocytogenes*, est responsable de la listériose humaine. Divers facteurs influencent la survie et la multiplication de ces bactéries et leurs effets se combinent parfois de façon complexe. Les bactéries de l'espèce *L. monocytogenes* ont besoin d'un milieu favorable pour se développer, mais elles peuvent se multiplier en présence ou en absence d'oxygène, à des pH de 4 à 9, au froid (à partir de 1°C) et jusqu'à 45°C, avec un optimum entre 30°C et 37°C. Relativement résistantes au sel, au dessèchement et à la congélation, elles sont détruites par une cuisson suffisante et par la pasteurisation. Elles peuvent former ou participer à des biofilms qui favorisent leur persistance malgré le nettoyage et la désinfection, par exemple dans les tuyauteries et sur les surfaces des ateliers agro-alimentaires...

Ces caractéristiques expliquent la large répartition des *Listeria*. Ces bactéries sont fréquemment isolées à partir de sols, de végétaux, d'ensilages insuffisamment acidifiés, de litières. Leur principal réservoir est incertain, probablement le sol, où leur survie dépend des conditions physico-chimiques et du taux d'humidité. Elles peuvent survivre, voire se multiplier, dans les ateliers agro-alimentaires, dans les réfrigérateurs et dans les cellules des hôtes qu'elles infectent. Capables de persister dans des conditions hostiles pour la plupart des autres germes, ces bactéries sont cependant assez peu compétitives : elles sont inhibées par les flores microbiennes complexes. La connaissance des facteurs de virulence a beaucoup progressé, mais tous ne sont pas connus. Toutes les souches de *L. monocytogenes* sont actuellement considérées comme potentiellement pathogènes pour l'homme.

Qu'est-ce qu'une listériose ?

La listériose est une maladie infectieuse rare mais grave, commune à l'homme et à de nombreuses espèces animales (en particulier les ruminants). Elle peut provoquer des avortements, des septicémies et des méningo-encéphalites.

En France, l'incidence des cas cliniques chez l'homme est actuellement entre 200 et 300 cas par an, avec quelques pics dépassant 400 cas. Depuis 1998, chaque cas humain doit obligatoirement être déclaré. Les conséquences sont généralement graves : 20 à 30% des malades décèdent et environ 20% des survivants présentent des séquelles.

La voie de contamination habituelle est orale. La dose infectante est mal connue, mais les numérations effectuées sur les produits à l'origine de cas cliniques indiquent que cette dose est supérieure à 100 germes par gramme ou millilitre de produit ingéré. La période d'incubation chez l'adulte est relativement longue (quelques jours à 2 mois), ce qui gêne la recherche rétrospective des sources de contamination. Cependant des épisodes de gastro-entérites ont été signalés 24 à 48 heures après consommation de produits fortement contaminés. Le traitement par antibiotiques est d'autant plus efficace qu'il est mis en place précocément.

La listériose affecte surtout certaines catégories de personnes dites sensibles ou à risque : les femmes enceintes et les personnes de tous âges avec une maladie ou un traitement entraînant une diminution de l'immunité. L'infection de la mère est en général bénigne, d'allure pseudo-grippale, mais elle peut causer un avortement ou un accouchement prématuré. Le nouveau-né infecté durant la grossesse ou lors de l'accouchement peut développer une septicémie dès la naissance ou une méningite au-delà de la première semaine de vie. Des expériences sur des lignées de souris suggèrent qu'un déterminisme génétique contribue à la résistance à l'infection listérienne.

Quel est le rôle des aliments ?

La transmission des *Listeria* se fait essentiellement par des aliments contaminés, un fait démontré seulement au début des années 1980. Exceptionnellement, la transmission peut survenir par contact avec un animal infecté (avortement) ou par transmission nosocomiale (en maternité). La contamination des aliments peut survenir tout au long des filières agro-alimentaires, de la ferme à l'assiette du consommateur. Cette contamination peut aussi avoir lieu d'un aliment à un autre, par contact direct entre ces aliments ou par l'intermédiaire de mains, d'instruments ou de surfaces contaminés. En plus de la longue durée d'incubation, ces contaminations croisées contribuent à la difficulté des enquêtes rétrospectives.

La contamination listérienne ne modifie ni l'aspect ni le goût d'un aliment contaminé ; sa mise en évidence repose sur des techniques microbiologiques relativement coûteuses. La présence de *Listeria* est plus ou moins fréquente selon les aliments. Le "Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire" (BEH 45/1996) indique que 10% des denrées prélevées au stade de la distribution dans le cadre de plans de surveillance (1993 et 1994) sont contaminés par *L. monocytogenes*. Pour 90% des denrées positives, cette contamination est faible, inférieure à 100 bactéries par gramme

Listeria monocytogenes.



Photo : M. Rousseau

ou millilitre. La contamination initiale peut être très faible, voire indétectable, par les plans d'échantillonnage habituellement utilisés à la production.

Mais c'est **surtout la multiplication des *Listeria* qui peut être dangereuse.** Certains aliments sont plus favorables que d'autres à leur multiplication : produits à base de lait cru (en particulier certains fromages à pâte molle), certaines charcuteries (produits en gelée, rillettes, lardons, pâtés), les poissons fumés et les coquillages crus. Dans le cas des aliments sensibles, **un mauvais respect de la chaîne du froid** peut aboutir à des concentrations élevées de *Listeria* à la date limite de consommation (DLC). Par ailleurs, il faut insister sur un point essentiel : **les produits sensibles recontaminés après cuisson ou pasteurisation permettent une multiplication listérienne qui n'est plus freinée par la flore microbienne** existant naturellement et qui entre normalement en compétition avec les *Listeria*. Le risque est accru par une longue durée de péremption du produit et par un chauffage absent ou insuffisant avant ingestion.

Une prévention est-elle possible ?

Pour les personnes ayant consommé un aliment contaminé, l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France approuvé le 29 juin 1999 est le suivant : "En raison de la rareté des cas survenant après consommation d'un aliment qui s'avère *a posteriori* contaminé, de la relative faiblesse du risque tel qu'il apparaît dans l'état actuel des connaissances et de l'absence d'élément scientifique en faveur d'un traitement antibiotique en l'absence de signe clinique, il n'y a pas lieu de recommander une antibioprophylaxie systématique en cas de consommation d'un aliment contaminé par *L. monocytogenes*. En revanche une information aux consommateurs est dans ce cas impérative, les invitant notamment à faire preuve de vigilance et à consulter sans délai devant l'apparition de fièvre, isolée ou accompagnée de maux de tête, survenant dans les deux mois qui suivent la consommation de l'aliment contaminé". Notons que ces symptômes évocateurs de listériose sont peu spécifiques et ressemblent à ceux d'une grippe ; ce qui peut poser un problème, notamment en période d'épidémie grippale.

S'agissant des producteurs, il est souhaitable qu'ils fassent réaliser une "étude de vieillissement" afin de préciser la date de péremption de leurs produits. Le critère-cible tant à la production qu'à la distribution est l'absence de *L. monocytogenes* dans 25 grammes de produit alimentaire. Mais les normes, associées ou non à des seuils de tolérance, et les dates limites de consommation sont en cours d'établissement ou d'évolution pour divers produits. Sur ces aspects, des informations actualisées peuvent être trouvées auprès des laboratoires d'analyse ou auprès des services publics compétents.

Les personnes appartenant aux groupes à risque doivent être tout particulièrement informées des mesures à prendre pour prévenir la listériose. D'après le "Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire" du 25.01.2000, ces mesures sont les suivantes :

- "éviter la consommation de produits crus : certains fromages (en particulier, certaines pâtes molles à croûte lavée, pâtes pressées demi-fermes non cuites et pâtes molles à croûte fleurie) , poissons fumés, graines germées crues, coquillages crus...
- éviter les produits de charcuterie cuite consommés en l'état (pâtés, rillettes, produits en gelée... qui peuvent être recontaminés après cuisson) et préférer les produits préemballés pour les produits de charcuterie de type jambon ;
- laver les légumes crus et les herbes aromatiques et enlever la croûte des fromages, afin d'éviter les contamina-

tions par contact avec l'environnement ;

• conserver les aliments crus séparément des aliments cuits ou prêts à être consommés ; se laver les mains après la manipulation d'aliments non cuits et nettoyer les ustensiles de cuisine qui ont été en contact avec ces aliments ;

• respecter également les règles habituelles d'hygiène : réchauffer soigneusement les restes alimentaires et les plats cuisinés et les consommer immédiatement ; nettoyer fréquemment, désinfecter ensuite à l'eau javellisée son réfrigérateur et s'assurer que sa température est suffisamment basse (4°C) ; respecter les dates limites de consommation (produit non entamé)".

Les recherches à l'INRA

Ainsi les *Listeria* peuvent être présentes dans les filières agro-alimentaires, depuis l'herbe de la ferme jusqu'à l'assiette du consommateur. Leur large répartition dans l'environnement rend actuellement illusoire leur éradication.

Les recherches menées à l'INRA par plusieurs équipes (à Lille, Massy, Nantes, Theix) en collaboration avec l'interprofession et d'autres organismes français et européens, visent à maîtriser les sources de contamination et à prévenir la multiplication des *Listeria* potentiellement pathogènes à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. Ces recherches portent actuellement sur quatre grands thèmes :

• les réservoirs de *Listeria* et les principales voies de contamination des animaux d'élevage et de leurs produits

• la capacité des *Listeria* à former des biofilms, et ainsi à mieux résister aux environnements agressifs

• le potentiel d'adaptation physiologique des *Listeria*, et particulièrement les adaptations augmentant ou réduisant leur résistance aux traitements de stabilisation des aliments pour animaux et pour l'homme, lors de leur fabrication et au cours de leur stockage

• la variabilité naturelle du potentiel de virulence des *Listeria* pour les cellules intestinales et les individus, animaux et hommes.

Un exemple de recherche en cours

Les souches de *Listeria* isolées à partir de l'environnement et des filières agro-alimentaires présentent des niveaux de virulence variables. Comment distinguer les souches les plus dangereuses de celles qui le sont moins ? Ces dernières années, les microbiologistes avaient déjà distingué deux espèces au sein de l'ancienne espèce *L. monocytogenes* : l'espèce *L. innocua*, inoffensive, et l'espèce *L. monocytogenes*, regroupant les souches considérées comme potentiellement pathogènes ou ayant démontré leur pathogénicité au cours d'épisodes cliniques.

Toutefois, même cette nouvelle classification paraît aujourd'hui insuffisante. Mais une distinction encore plus fine se heurte à l'absence de technique permettant de caractériser quantitativement en routine le potentiel de virulence des diverses souches. En effet, la virulence des souches était naguère étudiée par infection expérimentale d'animaux de laboratoire, une méthode longue et coûteuse. Son usage est injustifiable quand d'autres méthodes sont disponibles et validées. Un test *in vitro*, en cours de développement, utilise des cellules faisant office de porte d'entrée des *Listeria* dans l'organisme : les cellules épithéliales intestinales humaines. Pour tester le potentiel de virulence d'une souche de *Listeria*, une suspension de ces bactéries est déposée sur une culture de ces cellules, et les plages de lyse (des trous dans le tapis cellulaire) sont dénombrées et rapportées à la dose de bactéries utilisées. Ce test confirme que l'espèce *L. monocytogenes* comprend des souches hétérogènes : certaines souches présentent un faible potentiel de virulence (résultats confirmés sur animaux de laboratoire).

Ces résultats ont conduit à poursuivre l'étude sur un plus grand nombre de souches. Un programme national sur trois ans est maintenant lancé : plusieurs équipes passent en revue une banque de plus de 400 souches de *L. monocytogenes* de diverses origines (troupeaux, filières agro-alimentaires, cas humains). Les gènes et les protéines des souches peu ou pas virulentes seront comparés à ceux des souches très virulentes selon le test sur culture cellulaire et à ceux des souches isolées de cas humains. Cette comparaison devrait permettre une meilleure connaissance de l'écologie des souches les plus virulentes et aboutir à des moyens de les détecter parmi toutes les autres.

En conclusion

L'existence probable d'un réservoir environnemental de *L. monocytogenes* impose des modes de lutte relativement complexes par rapport à ceux opposables aux agents pathogènes transmissibles par les aliments à l'homme à partir d'un réservoir essentiellement animal (*Brucella*, *Salmonella*, par exemple). Pour le consommateur, la gravité des cas de listériose importe plus que leur rareté. Établir commodément une distinction entre souches de *L. monocytogenes* selon leur potentiel de virulence permettrait peut-être de focaliser les mesures de lutte sur les souches à l'origine des risques les plus graves pour le consommateur, en particulier pour les groupes à risque.

Pierre Pardon, Étienne Zundel, José Marly, Philippe Velge, Luu Phan Thanh, Sylvie Roche, Eugénie Huillet, Élisabeth Bottreau, Isabelle Payant, Florence Mompart, Sophie Aligé, Marion Duchet-Suchaux,
Pathologie infectieuse et Immunologie, équipe Contaminations microbiennes, Tours-Nouzilly ■

Travaux et Recherches

Comprendre la formation de la coquille de l'œuf et améliorer l'efficacité de ce système de protection naturel

850 milliards d'œufs sont produits dans le monde chaque année. Cette production a doublé en 15 ans et continue sa progression rapide car l'œuf est un nutriment de qualité nutritionnelle exceptionnelle et de faible coût. En France, 55 millions de poules pondeuses produisent 16 milliards d'œufs chaque année et satisfont la demande de consommation, en moyenne, de 260 œufs par habitant et par an.

L'œuf, un aliment riche et équilibré

L'œuf est un aliment peu énergétique, riche en protéines parfaitement équilibrées. Il apporte une part notable de lipides désaturés à forte digestibilité, de nombreuses vitamines et minéraux. Le poussin se développe dans l'œuf sans apport nutritionnel autre que son contenu et sans possibilité d'excrétion. Ceci explique probablement l'équilibre optimum entre les divers nutriments : la valeur biologique de ses protéines a été choisie comme référence pour l'enfant ; meilleure que celle du lait de femme.
L'œuf intéresse également par ses propriétés technologiques, émulsifiantes, moussantes, gélifiantes et coagulantes, notamment l'industrie agro-alimentaire.

La coquille joue un rôle important

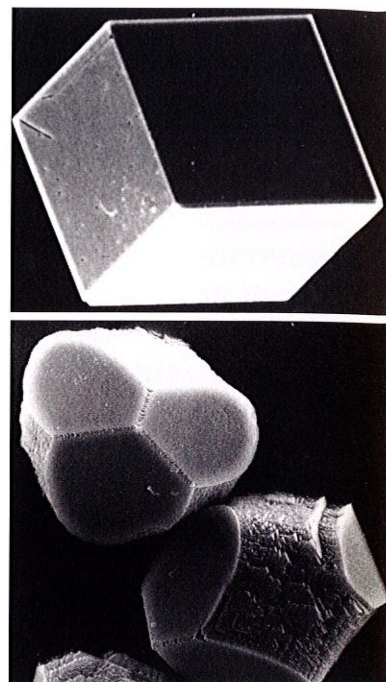
L'embryon respire grâce à la porosité de la coquille (100 à 300 pores/cm²) qui permet les échanges respiratoires ainsi que ceux de vapeur d'eau, contrôlant ainsi le degré d'hydratation du milieu interne. Ces échanges sont déterminants pour le succès de l'éclosion. La porosité est spécifique de chaque espèce, suggérant l'existence de contrôle génétique dans la mise en place des pores.


Photo : O. Kälin

Coquille de pintade observée en lumière polarisée montrant l'imbrication des cristaux de calcite dans sa partie supérieure (épaisseur 0,4 mm).

La coquille assure un premier système de protection mécanique. Une rupture ou micro-félure favorise la pénétration bactérienne ; c'est pourquoi il est important de contrôler sa solidité et de préserver son intégrité. Depuis le début du siècle, des moyens nutritionnels, génétiques ou différents systèmes d'élevage ont été étudiés pour améliorer la solidité de la coquille et limiter, par conséquent, le risque de toxi-infection alimentaire et la perte économique associés à la casse des œufs. Parmi les résultats les plus intéressants, citons l'apport de sources de calcium sous forme de particules, l'utilisation de programmes lumineux fractionnés et la sélection de poules à forte solidité de coquille.
Ces travaux ont évité toute dérive de la qualité de la coquille au fil des années, malgré une augmentation considérable de la production d'œufs de poule. Une poule pond actuellement environ 300 œufs par an contre 250 en 1980. Ce défaut reste la première cause (90%) de déclassement des œufs ; ce qui correspond à près de 8% de la production d'œufs (1 milliard par an), cette proportion étant restée stable notamment en raison

L'introduction *in vitro* d'ovotransferrine modifie la forme rhomboèdrique des cristaux de calcite.


Photos : ©INRA

des connaissances sur l'alimentation de la poule.

L'œuf est remarquable également de par sa capacité de conservation avant cuisson : conservé à faible température (10-12°C) il est consommable pendant plusieurs semaines. Celle-ci résulte de systèmes de défense mécaniques et chimiques qui le protègent des pénétrations microbiennes pouvant être à l'origine de toxi-infections graves chez l'homme (Salmonelles). Ce risque est aggravé par l'utilisation fréquente de l'œuf cru en cuisine.
Les qualités de l'œuf perdurent d'autant mieux lors de sa conservation que sa coquille est intègre car elle limite les échanges avec le milieu extérieur.

Contrôler la solidité de la coquille a donc un intérêt sanitaire, économique mais comprendre la formation de la coquille intéresse également les physiologistes et les biophysiciens.

Structure et formation de la coquille

Sa structure est parfaitement organisée et résulte d'un dépôt de carbonate de calcium associé à une matrice organique, selon des phases chronologiques bien précises. C'est la minéralisation la plus rapide du monde vivant, 5 g de carbonate de calcium sont déposés en 18h dans un milieu acellulaire à partir des sécrétions minérales et organiques d'un organe, l'utérus. Cette formation se distingue de l'os par la nature du minéral (le carbonate de calcium et non le phosphate de Ca), l'absence de cellule, et l'ancrage de la partie minérale sur une membrane organique en des sites d'initiation parfaitement localisés.
Notre objectif est de démontrer le rôle crucial des constituants organiques de la coquille dans le contrôle de cette minéralisation et des propriétés cristallographiques et biomécaniques de ce biomatériau. Ces propriétés sont exceptionnelles puisqu'un œuf possédant une coquille de 0,3 mm (poule) ou de 3mm (autruche) résiste, respectivement, à 3 kg et 70 kg en pression statique !

La coquille de l'œuf d'oiseau est composée majoritairement de carbonate de calcium (94%) et d'une faible proportion de constituants organiques (4%). La partie interne correspond à deux membranes constituées de fibres entrelacées qui limitent la diffusion du blanc d'œuf. La partie minérale est ancrée sur des sites organiques où sont nucléés les premiers cristaux, en surface de la membrane externe. La croissance pluridirectionnelle des cristaux aboutit à la mise en place de cônes inversés qui se joignent pour constituer une couche compacte recouverte en surface de coquille par une cuticule organique contenant la majorité des pigments bruns (porphyrines). Cette coquille est déposée dans les parties distales de l'oviducte, isthme et utérus, de 4 à 23h après l'entrée du jaune d'œuf dans l'oviducte.
L'ultrastructure de la coquille est parfaitement définie. C'est un assemblage de colonnes de cristaux de carbonate de calcium, de taille définie, avec des orientations privilégiées de la calcite. Il est probable que la structure de la coquille résulte d'une combinaison de deux processus, une croissance compétitive entre cristaux de calcite issus des différents sites de nucléation adjacents et une régulation du type, de la taille et de l'orientation des cristaux par les constituants de la trame organique de la coquille.

Identifier les constituants de la matrice de la coquille

La première étape a été l'identification et la caractérisation biochimique des constituants organiques de la coquille. Par les méthodes classiques d'étude des protéines (détermination de séquences en acides aminés, production d'anticorps, criblage d'une banque d'expression de gènes codant pour les protéines de la matrice dans l'utérus...), ont été identifiés les constituants de la matrice organique de la coquille à partir du milieu où se forme la coquille, le fluide utérin ou à partir des extraits organiques de coquilles déminéralisées.
La première catégorie de composants correspond à des protéines du blanc d'œuf (lysozyme, ovotransferrine, ovalbumine) ; la seconde, à des protéines du sérum (albumine) ; la troisième, à des protéines préalablement observées dans l'os (une phospho-protéine non-collagénique de l'os, l'ostéopontine) ; la dernière, à des protéines propres à ce processus de minéralisation et synthétisées uniquement par l'utérus, lieu de calcification de la coquille. Ces dernières ont été appelées ovocléidines et ovocalyxines.
Nous avons caractérisé, en collaboration avec un laboratoire canadien, le premier gène de la matrice de la coquille qui code pour l'ovocléidine 116, une protéine très abondante lors de la phase active de calcification [1]. Cette protéine, présente dans la couche minéralisée, correspond au cœur protéique d'un protéoglycane riche en dermatan sulfate. Enfin, par des approches similaires ont été identifiées d'autres protéines originales, synthétisées uniquement par l'utérus, et présentes dans les extraits de coquille, les ovocalyxines. Il existe donc un ensemble complexe de constituants de la matrice de la coquille partiellement caractérisés.
L'étape suivante a été d'établir leur implication dans la minéralisation de la coquille et de hiérarchiser leur rôle respectif.

[1] Hincke et al., 1999, JBC 274, 32915.

Caractériser les fonctions des constituants organiques de la matrice de la coquille

La coquille se forme à partir des sécrétions minérales et organiques de l'utérus. Ce milieu acellulaire, le fluide utérin, reste hypersaturé vis-à-vis du produit de solubilité de la calcite (forme du carbonate de calcaire observé dans la coquille) et permet donc une précipitation spontanée de carbonate de calcium pendant les trois phases de la calcification :

• initiale : dépôt des premiers cristaux sur les membranes coquillières
• de croissance : dépôt intense et rapide de carbonate de calcium sur la coquille : 0,32 g/h
• terminale : arrêt de la calcification bien que le milieu soit toujours hypersaturé en calcium et en carbonate de calcium.

Ensuite, la couche la plus externe de l'œuf, la cuticule, qui lui donne sa couleur, est déposée.

Pour caractériser ces fonctions, l'analyse de la composition du fluide utérin à ces trois différents stades a été réalisée.

La composition protéique du fluide n'est pas la même selon les stades de formation de la coquille. Il y a donc une adaptation de la composition organique du fluide utérin en fonction du processus de formation de la coquille. De plus, une interaction constituants organiques/carbonate de calcium a été analysée *in vitro*.

Pendant les phases initiale et de croissance de la minéralisation, le fluide utérin collecté réduit *in vitro* le temps de latence d'apparition des premiers cristaux proportionnellement à la concentration protéique, mais, prélevé au stade terminal, il inhibe la minéralisation. Ces constituants interfèrent donc lors de la mise en place et de l'arrêt de la calcification.

Une autre méthode d'analyse de l'interaction constituants organiques/carbonate de calcium a été mise au point en collaboration avec un laboratoire de l'université de Grenade.

Un micro-système a été développé permettant de faire croître *in vitro* des cristaux de carbonate de calcium de taille homogène. L'introduction de fluide utérin ou d'extraits de coquilles dans ce milieu artificiel affecte considérablement la morphologie des cristaux observée en microscopie électronique à balayage. Certaines fractions purifiées modifient la morphologie des cristaux à des concentrations très faibles de protéines (2,5 µg/ ml) et reproduisent une morphologie rappelant celle observée dans les coquilles. De plus, l'ovotransferrine induit une modification caractéristique : le cristal s'allonge et présente une micro-structure en chevron, tandis que le lysozyme interfère préférentiellement avec les faces parallèles à un axe spécifique de la calcite.

Ces observations démontrent l'existence d'interactions spécifiques entre cristal et phase organique et suggèrent donc un rôle actif des constituants de la matrice organique lors de la calcification de la coquille. Le mode d'action de ces constituants organiques reste cependant à définir.

Les facteurs qui font varier la solidité de la coquille

Une approche complémentaire concerne la mise en évidence d'une relation entre quantité de protéines de la matrice coquillière et des modifications de la texture et des propriétés mécaniques de la coquille. De nombreux facteurs de variation, nutritionnels, génétiques, physiologiques (âge de la poule, mue…) affectent la solidité de la coquille. La proportion de coquille, et donc la quantité de matériaux, explique une part de cette variabilité. Chez les poules en fin d'année de production, la forte dégradation de la solidité de la coquille résulte d'une réduction de la proportion de coquille dans l'œuf mais ce paramètre n'explique que très partiellement la diminution de moitié de la force de résistance de l'œuf à la rupture. Nous avons développé une micro-méthode d'extraction des protéines de la coquille et une méthode


Brume. Image créée par Gilles Tran INA-PG Paris

quantitative (ELISA) pour évaluer leur concentration. Des poules en fin d'année de production ont une coquille fragile, qui contient une plus forte concentration de certaines protéines de la matrice. Leur coquille se caractérise également par une plus grande hétérogénéité de structure et par la présence de deux directions d'orientation privilégiée alors qu'une seule prédomine chez les plus jeunes.

Chez les poules jeunes, la résistance à la rupture des coquilles diminue lorsque le degré d'orientation des cristaux augmente, traduisant probablement un accroissement de la fréquence des plans de clivage.

Chez les autres espèces d'oiseaux domestiques

L'importance de l'organisation cristalline est confirmée par une comparaison inter-espèces d'oiseaux domestiques. Lorsque l'on compare les œufs de très nombreuses espèces d'oiseaux, il est remarquable d'observer une relation linéaire entre poids de l'œuf et poids de coquille d'une part, et entre résistance à la rupture de la coquille et poids de coquille, d'autre part. La structure des coquilles est similaire mais chaque groupe d'espèces présente quelques particularités dans la forme des pores, l'ultrastructure ou les propriétés cristallographiques. Il en est de même de leur matrice organique même si une partie des protéines sont communes aux divers espèces.

La **pintade** est un cas très particulier. Elle présente une quantité de coquille et une résistance à la rupture très supérieure aux autres espèces même après prise en compte des corrections

Nous n'avons plus aucun n°101 ; merci beaucoup à tous ceux qui peuvent ou souhaitent... s'en séparer de les adresser à "INRA mensuel" Paris.

Coquille de l'œuf
Des articles sur ce thème provenant de la même équipe sont également parus dans *Faisons le Tours*, n°38, octobre 1999 et pour le salon de l'agriculture 2000.

Pour en savoir plus

Nys, Y., Hincke, M.T., Arias, J.L., Garcia-Ruiz, J.M., Solomon, S. E., 1999. Avian Eggshell Mineralization. Poultry and Avian Biology Reviews, 10(3) 143-166.

pondérales. Ces propriétés résultent d'une texture cristalline originale ; les cristaux de calcite sont entrelacés dans la partie extérieure de la couche calcifiée contrairement à la poule où chaque colonne de cristaux reste individualisée. Cette modification de texture cristalline suggère l'existence d'une régulation active par des constituants organiques en cours de calcification.

En conclusion

Ces outils biologiques ouvrent une nouvelle voie pour étudier la régulation au cours du temps de la structure de la coquille lors de sa minéralisation et par conséquent pour mieux connaître l'origine de ses défauts afin d'améliorer sa solidité. Cette approche devrait permettre d'améliorer par voie génétique la qualité de la coquille, donc de renforcer ce système de défense naturel et de réduire les risques de pénétration bactérienne.
Une meilleure compréhension de la fabrication de cette céramique poreuse aux propriétés mécaniques exceptionnelles constitue un modèle d'étude original pour analyser comment des constituants organiques minoritaires améliorent les propriétés mécaniques d'un matériau.

Yves Nys, Joël Gautron,
Recherches avicoles, Tours.

Une anomalie bovine localisée rapidement grâce à la connaissance du génome

À l'INRA, depuis la mise en place de projets de recherche sur les génomes des animaux domestiques, des outils efficaces de cartographie ont été développés. Ces outils permettent d'identifier des régions génomiques contrôlant des caractères d'intérêt agronomique. Un exemple est donné par l'étude génétique de la maladie "Bulldog".


Igale.

Photo : ©INRA

Cette anomalie létale "Bulldog", une forme d'achondroplasie bovine, se caractérise par une croissance réduite des os des membres et de la face. Elle existe depuis longtemps, à très faible fréquence, dans de nombreuses races bovines. En septembre 1999, les premiers veaux anormaux ont été repérés dans la descendance du taureau Prim'Holstein Igale, taureau classé parmi l'élite mondiale. Plusieurs dizaines de cas sont ensuite rapidement apparus, montrant clairement que ce taureau est porteur de l'anomalie "Bulldog". À ce jour, la fréquence de veaux anormaux est estimée à environ 1% chez les descendants directs d'Igale en France.

Dès que le statut porteur d'Igale a été avéré, d'importants moyens ont été mis en œuvre dans le cadre d'une collaboration étroite entre l'OGER (Ouest Génétique Élevage Reproduction), l'unité de sélection propriétaire du taureau, et l'INRA. Un réseau de collecte d'information permettant de prélever des échantillons de sang, et donc d'ADN, a été mis en place grâce à la collaboration efficace des éleveurs. À partir du matériel biologique obtenu sur plus de 75 couples mère-veau, le département de Génétique Animale de l'INRA a immédiatement lancé un programme en vue de cartographier l'anomalie "Bulldog" sur le génome, puis de caractériser le gène impliqué et la mutation responsable.

Aujourd'hui, l'INRA et l'OGER peuvent annoncer que le gène de l'achondroplasie a été localisé à l'aide de marqueurs génétiques. Un test génétique permettra dans les prochaines semaines de distinguer, parmi les descendants d'Igale phénotypiquement normaux, ceux qui sont porteurs de l'allèle Bulldog. Ce test, très attendu par les sélectionneurs Prim'Holstein, est le seul moyen d'éradiquer rapidement l'anomalie dans la population, tout en préservant l'apport génétique d'Igale. En pratique, les tests génétiques seront réalisés par le laboratoire d'analyses génétiques GIE LABOGENA à partir du 20 mars 2000.

L'analyse par marqueurs génétiques montre également que le taureau Igale a reçu l'anomalie par la voie maternelle. Mascot, le père d'Igale, qui a de nombreux descendants dans la population Holstein, est très vraisemblablement non porteur de l'anomalie.

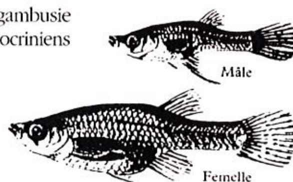
Les études s'orientent maintenant vers la recherche du gène impliqué, la caractérisation de la mutation causale et vers l'analyse du déterminisme de l'anomalie.

Cet exemple illustre comment, grâce aux progrès réalisés sur la connaissance du génome des espèces d'élevage par la Génétique animale de l'INRA, une anomalie sévère peut être contrôlée en quelques mois. L'intérêt de l'observatoire permanent des anomalies de notre cheptel, actuellement en cours de discussion, s'en trouve pleinement conforté. Des retombées de ce travail pourraient contribuer aussi à enrichir l'analyse d'anomalies semblables chez l'homme. *(D'après un communiqué de presse INRA-OGER).*

André Eggen, Sophie Legrain,
Génétique biochimique
et cytogénétique (LGBC).
Didier Boichard,
Génétique quantitative et appliquée,
avec l'équipe bovine du LGBC,
Jouy-en-Josas.

Des perturbateurs potentiels du système endocrinien, les xéno-estrogènes

Différentes substances chimiques naturelles synthétisées par les plantes, ainsi que certains contaminants d'origine industrielle, présentent des propriétés hormonales. Il peut s'agir de propriétés estrogéniques (semblables à celles des hormones femelles) ou anti-androgéniques (empêchant l'action d'hor-



mones mâles). Ces substances, appelées xéno-estrogènes, sont susceptibles d'agir sur le système endocrinien des animaux et de l'homme.

Ainsi, certains composés du soja peuvent avoir une action protectrice vis-à-vis de certains cancers (sein), mais sont également susceptibles d'avoir des effets néfastes chez le nourrisson dont l'équilibre des hormones sexuelles est plus fragile que celui de l'adulte. D'autre part, certains composants des matières plastiques, des produits de dégradation des détergents ou encore certains pesticides organo-chlorés, sont soupçonnés d'être à l'origine de la diminution de la fertilité mâle observée dans plusieurs pays industrialisés, ainsi que de l'accroissement de l'apparition de certains cancers (testicule).

L'INRA, en collaboration avec des équipes de l'université, du CNRS et de l'INSERM, a initié plusieurs programmes de recherches visant à approfondir l'étude des mécanismes d'action de ces différentes substances, et de leur devenir dans l'environnement et les chaînes alimentaires. Parmi les substances dont l'activité estrogénique a été clairement démontrée, les chercheurs ont choisi de s'intéresser aux phytoestrogènes d'une part, qui sont des substances naturelles issues des plantes et aux alkylphénols d'autre part, qui sont des produits d'origine industrielle.

Estrogènes d'origine végétale

Les principaux phytoestrogènes présents dans notre alimentation sont la génistéine et la daidzéine. On les rencontre dans les légumineuses alimentaires, telles que le soja. Leur activité estrogénique a été démontrée *in vitro* et *in vivo* chez l'animal et chez l'homme. Il a en outre été démontré *in vitro* que divers phytoestrogènes présentaient des propriétés anticancéreuses, antioxydantes (c'est-à-dire protectrices vis-à-vis de certaines formes agressives de l'oxygène), hypolipémiantes (diminuant le taux de lipides circulants) et protectrices vis-à-vis de l'ostéoporose.

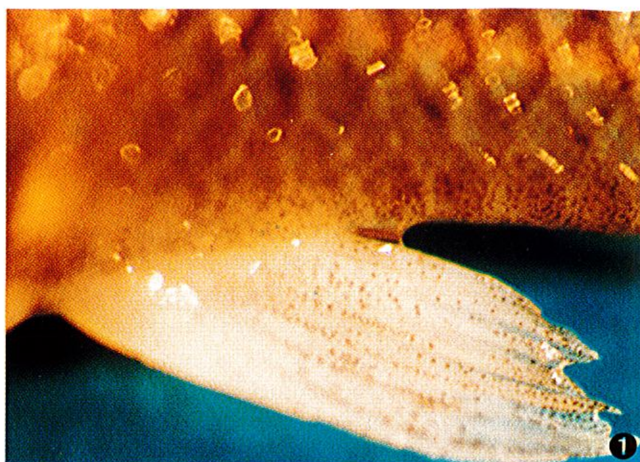
Les travaux conduits à l'INRA durant ces deux dernières années ont permis la mise au point d'une méthode de dosage des phytoestrogènes dans divers produits alimentaires et l'étude complète du métabolisme de la génistéine chez le rat. Les expérimentations réalisées tant *in vitro* qu'*in vivo* ont conduit à la mise en évidence de métabolites qui n'avaient jamais encore été décrits et dont il conviendra de déterminer les propriétés estrogéniques. Parallèlement, les caractères estrogènes de plusieurs autres composés naturels présents dans les plantes ont été montrés et l'induction de la synthèse de protéines estrogéno-dépendantes a été mise en évidence chez différentes espèces de poissons.

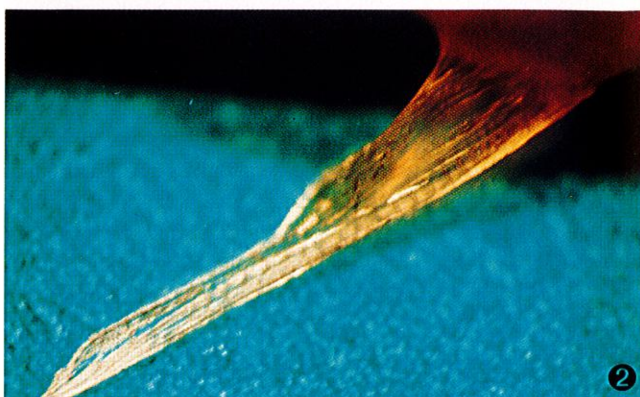
Estrogènes d'origine industrielle

Le nonylphénol est utilisé dans l'industrie des matières plastiques (PVC, polystyrène) comme produit de démoulage, antioxydant et agent de souplesse. Il provient également de la dégradation partielle de certains détergents non-ioniques, les alkylphénols polyéthoxylates, utilisés notamment dans les lessives et autres produits détergents. Son utilisation fréquente et sa stabilité ont pour conséquence une contamination croissante des cours d'eau et des risques de bioaccumulation dans la chaîne trophique. Il est présent en grandes quantités dans les boues de stations d'épuration. Au cours des 5 dernières années, les propriétés estrogéniques du nonylphénol ont été décrites *in vitro* et *in vivo* chez les poissons et les mammifères.

Plusieurs travaux ont été menés par l'INRA depuis 1996 aussi bien sur le devenir que sur les effets biologiques de ce contaminant :

- l'étude du métabolisme du nonylphénol chez la truite a mis en évidence une dizaine de produits issus de ce métabolisme, dont certains ont des propriétés estrogéniques ;
- de façon similaire, une étude comparée du métabolisme du nonylphénol chez le rat et chez l'homme est en cours ;
- la perturbation du processus de différenciation sexuelle (action féminisante) a été démontrée chez la gambusie, poisson modèle utilisé pour les études écotoxicologiques ;
- le nonylphénol exerce également sa toxicité sur la maturation des gonades, comme l'ont montré des travaux réalisés chez la gambusie et la truite ;
- enfin, depuis 1998, des études portant sur la dégradation des alkylphénols dans le sol et leur devenir chez les plantes ou visant à élargir les investigations à d'autres substances







Photos : G. Monod - Rennes

❶ Nageoire anale femelle.
❷ Nageoire anale mâle (gonopode).
❸ Atrophie de la nageoire anale d'un mâle exposé au nonylphénol durant sa puberté.

mimant les effets des estrogènes tels que les phthalates ou les bisphénols (d'autres constituants des matières plastiques) sont venus compléter cette approche. Par ailleurs, des effets de type androgénique ou anti-estrogénique sont en cours d'exploration.

Ces travaux, menés pour l'essentiel à Toulouse, Rennes, Dijon, Antibes, Versailles et Bordeaux doivent permettre de mieux connaître les mécanismes d'action hormonale de ces composés, ainsi que leur transfert éventuel dans la chaîne alimentaire. Il sera alors possible d'évaluer le risque que ces molécules pourraient représenter pour l'environnement et pour l'homme.

Jean-Pierre Cravedi,
Xénobiotiques, Toulouse.

Pour en savoir plus

(1) Hostettmann, K. (1997) "Tout savoir sur le pouvoir des plantes", Lausanne

(2) Upton, R. E. (1997) HerbalGram 40, 1-32.

On peut retrouver l'essentiel de la bibliographie dans ces deux publications.

Références bibliographiques

(3) Ernst, E., Rand, J.I., Barnes, J., Stevinson, C. (1998) European Journal of Clinical Pharmacology. 54, 589-594.

(4) Bennett, D. A., Polk, L. J. F., Voglino, S. A., Zlotnik, V., Raffa, R. B. (1998) Psychiatry. 32, 1201-1208.

(5) Butterweck, V., Petereit, F., Winterhoff, H., Nahrstedt, A. (1998) Planta medica. 64, 291-294.

(6) Kaehler, S. T., Sinner, C., Chatterjee, S. S., Philippu, A. (1999) Neuroscience letters. 262, 199-202.

(7) Singer, A., Wonnemann, M., Muller, W. E. (1999) The journal of pharmacology and experimental therapeutics. 290, 1363-1368.

(8) Simmen, U., Burkard, W., Berger, K., Schaffner, W., Lundstrom, K. (1999) Journal of Receptor and Signal Transduction Research. 19, 59-74.

(9) Axarlis, S., Mentis, A., Demetzos, C., Mitaku, S., Skaltsounis, A. L., Marselos, M., Malamas, M. (1998) Phytotherapy Research. 12, 507-511.

(10) Ebrey, R. J. (1999) The Lancet. 354, 777.

(11) Rezvani, A. H., Overstreet, D. H., Yang, Y., Clark, E. (1999) Alcohol and Alcoholism. 34, 699-705.

Le millepertuis
Une plante d'intérêt pharmaceutique en plein essor

Considéré par certains comme une mauvaise herbe, dont il est parfois difficile de se débarrasser, le millepertuis est une plante médicinale largement répandue à l'état spontané. Elle est de plus en plus utilisée pour son activité contre les dépressions légères à moyennes et les problèmes d'ordre neurologique très importants comme l'anxiété, l'insomnie, l'irritabilité. Disponibles en dragées ou en gouttes, les préparations à base de millepertuis représentent un chiffre d'affaires qui ne cesse d'augmenter : en Grande-Bretagne, et surtout en Allemagne où 66 millions de doses ont été vendues en 94 ; aux États-Unis où les ventes ont été multipliées par 20 entre 95 et 97, pour atteindre un montant annuel de 200 millions de dollars (1). En effet, environ 4% de la population mondiale souffre de dépression. Des dossiers d'autorisation de mise sur le marché pour des préparations à base d'extraits de millepertuis ont été déposés en France. À l'heure actuelle, cette plante est vendue sans ordonnance.

Histoire

Dans la Grèce antique, le millepertuis était suspendu au-dessus de statues de divinités afin de les protéger des mauvais esprits. L'étymologie du mot "*Hypericum*" vient du grec "*uperikon*" qui veut dire au-dessus de l'image. Le nom d'espèce *perforatum* est lié à l'apparence perforée des feuilles observées par transparence (2). Dioscorides le recommandait contre la sciatique alors que Paracelse le conseillait pour le traitement de la mélancolie et de la dépression (1). La trituration des fleurs de millepertuis donne un jus rouge qui conduit à une légende de plante miracle et fut à l'origine de l'utilisation de cette drogue pour le traitement des plaies.

Activité

L'effet antidépresseur du millepertuis a été découvert par hasard. Des extraits de millepertuis provoquaient une modification du comportement chez le rat, avec en particulier une augmentation de sa mobilité et une fatigabilité amoindrie. À la suite de ces observations, de nombreuses études ont été réalisées. Elles ont démontré que les extraits de millepertuis avaient un effet bénéfique sur l'évolution de certains cas de dépressions (légères à moyennes) et sur les maladies psychosomatiques de l'enfant (1). Il est maintenant clair que le millepertuis possède une activité antidépressive supérieure au placebo et à peu près équivalente à des antidépresseurs de synthèse avec moins d'effets secondaires (3). Son mécanisme d'action n'est cependant toujours pas élucidé (4). Le traitement par le millepertuis est peu coûteux (inférieur à 1 € par jour (4)). La dose journalière est de 300 mg 3 fois par jour ou un équivalent en hypéricine (le marqueur d'activité) de 0,5 à 3 mg/j.

La plante

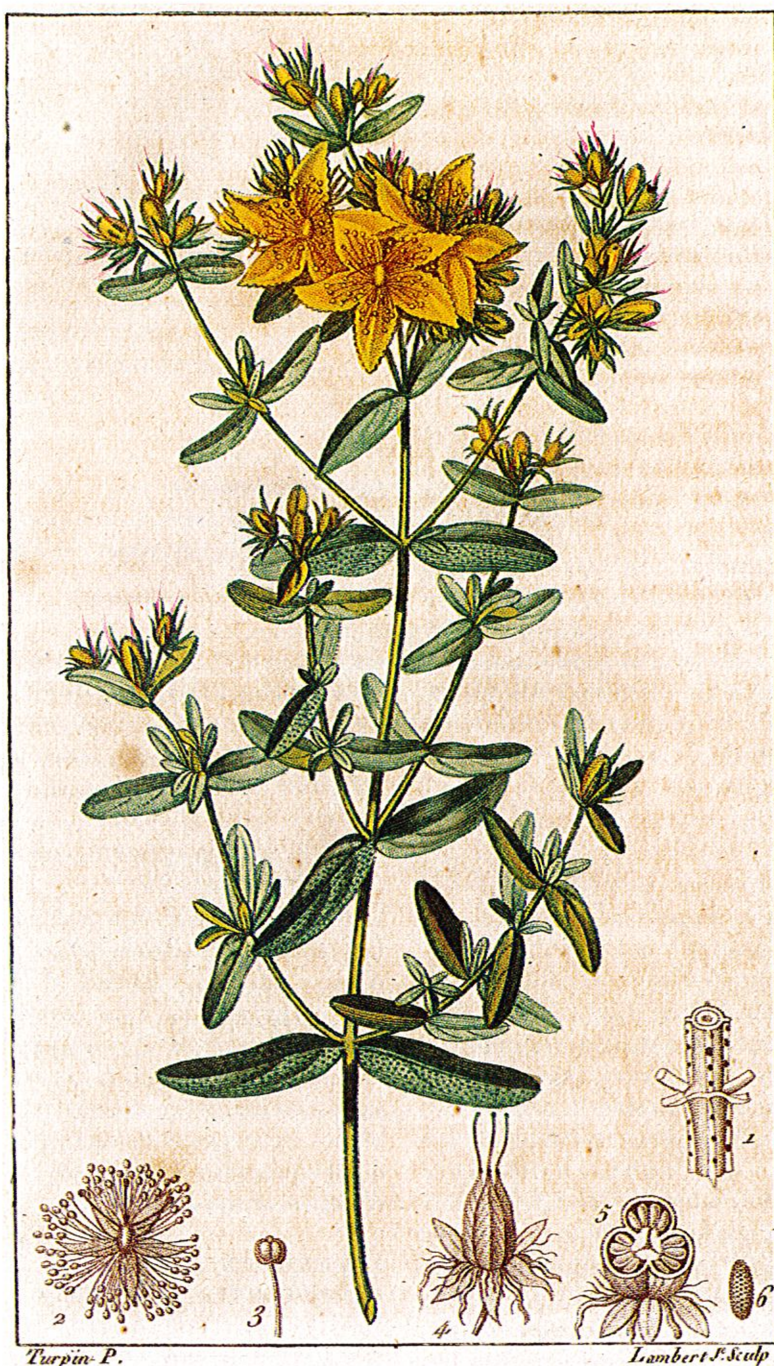
Le millepertuis est le genre le plus important de la famille des *Guttiferae* (syn. *Clusiaceae, Hypericaceae*). Il est également appelé herbe de la Saint-Jean. En effet, la meilleure période de récolte se situe autour du 24 juin, le jour de la Saint-Jean. Largement répandu en Europe (routes, friches,





Photos : A. Poutaraud

La flore médicale, décrite par F.P. Chaumeton, Chamberet et Poiret, peinte par E.P. Panckouke et par P.J.F. Turpin, tome 5ème. Paris, Éd. CLF Panckouke, 1818. (Bibliothèque INRA).



bois, plaines, collines), il se trouve également en Asie (2), dans le nord de l'Afrique et en Australie où 350 000 ha de terres agricoles sont considérées comme infestées. Il est naturalisé aux États-Unis et s'étend jusqu'en Scandinavie centrale et en Sibérie.

Il s'agit d'une plante pérenne glabre, ligneuse à la base, de 30 cm à 1 m, portant de petites feuilles oblongues et à fleurs jaune d'or (1). Les feuilles et les fleurs sont ponctuées de points sombres (glandes à hypéricine) ou translucides (poches à huiles). Le millepertuis possède des graines très petites (poids de mille grains entre 0,08 g et 0,14 g). C'est une plante très sensible à la pollution de l'air. Elle est également très sensible aux maladies fongiques notamment à l'anthracnose (*Colletotrichum glœosporoïes*). Les dégâts engendrés par le dépérissement lié à cette maladie ne permettent d'envisager que deux années d'exploitation d'une parcelle (si la culture est saine, 3 ans). Seule, une longue rotation (5 ans) et le traitement des semences permettent de protéger la culture. Ce pathogène peut être transmis par la semence. Les produits phytosanitaires sont peu efficaces.

Il existe de très nombreuses publications relatives à l'activité pharmacologique du millepertuis. Par contre, peu de données d'ordre agronomique sont disponibles sur cette plante.

Les principes actifs

Ce sont les sommités fleuries de millepertuis qui sont utilisées ; elles contiennent de nombreux métabolites secondaires : hypéricines, hyperforine, xanthones, flavonoïdes... Le ou les principes actifs conférant l'activité antidépressive à l'extrait ne sont pas à ce jour clairement définis. D'une part, les hypéricines sont utilisées comme le marqueur d'activité et permettent de standardiser l'extrait. Elles semblent susceptibles d'intervenir dans l'**activité antidépressive** (5). Ces molécules sont des pigments rouges qui caractérisent le genre *Hypericum*. D'autre part, l'hyperforine est un phloroglucinol pouvant également d'après de récentes études avoir un effet antidépressif (6,7). Il est possible que plusieurs molécules de l'extrait agissent en synergie (8).

Le millepertuis possède d'autres activités pharmacologiques susceptibles d'être développées. Les hypéricines présentent une **activité antivirale** (notamment contre le virus de l'herpès) (9). L'hyperforine est étudiée pour son **activité antibactérienne** (10). Une étude récente a montré, par ailleurs, que l'extrait de millepertuis possédait une activité dans le traitement de l'alcoolisme (11).

Les recherches à l'INRA de Colmar

L'équipe de l'INRA de Colmar travaillant sur les plantes médicinales a lancé en 1998 un programme de recherche sur le millepertuis. L'analyse des publications scientifiques et techniques, les contacts avec les chercheurs travaillant sur ce sujet ont permis de révéler les points faibles de l'itinéraire de production, notamment la sensibilité à l'anthracnose et la mise en culture par semis.

Ce programme de recherche a pour objectif de maîtriser la production de matière première à forte teneur en principes actifs. Jusqu'à présent, les hypéricines sont le marqueur d'activité en France et aux États-Unis.

L'optimisation quantitative et qualitative de la production de millepertuis a été abordée par trois voies de recherche :

- génétique : création variétale. Une collection d'une cinquantaine d'origines est cultivée à l'INRA. L'étude de la variabilité inter et intra origine(s) a permis de sélectionner des origines et/ou des plantes faiblement sensibles à l'anthracnose, à bon rendement en matière sèche et forte teneur en hypéricines. La prochaine étape va consister à rechercher des génotypes présentant une forte teneur en hyperforine, le second type de molécule qui pourrait avoir une activité ;
- agronomique : des essais de semis multisites, de dates et hauteurs de coupes, de traitements ont permis ou vont permettre de déterminer les conditions optimales de culture ;
- technologique : l'objectif de cette voie de recherche est de valoriser au mieux les principes actifs potentiels ou existants présents dans le matériel végétal récolté. En effet, au cours de la récolte ou durant les étapes de transformation post-récoltes (séchage, stockage...), les principes actifs des plantes ne sont pas stables, ils peuvent être modifiés chimiquement. Il peut également exister des précurseurs de synthèse non valorisés si l'on ne favorise pas leur transformation. Ainsi, une première étude a permis de montrer qu'environ 30% des hypéricines contenues dans les sommités fleuries de millepertuis sont sous forme de protohypéricines. Une technique vient d'être mise au point qui permet de transformer 32% des protohypéricines en hypéricines directement dans le matériel végétal.

D'autres études sont en cours qui devraient permettre la production en France de millepertuis de qualité. C'est-à-dire selon les besoins, à forte teneur en hypéricines et/ou en hyperforine, et/ou à rendement élevé en matière sèche.

Anne Poutaraud,
Agriculture et Environnement,
Colmar.

Effet de serre d'origine agricole

quels outils pour le limiter ?

À Kyoto, en 1997, la France s'est engagée à stabiliser à l'horizon 2008-2012 ses émissions de gaz à effet de serre à leur niveau de 1990. Les conséquences qu'auraient des mesures économiques (primes et taxes) destinées à réduire les émissions produites par le secteur agricole sont étudiées ici.
Cette analyse se fonde sur la modélisation du choix des activités agricoles par les exploitants. L'autorisation de boiser les jachères, qui permet de fixer du carbone, est également envisagée. La mise en œuvre pratique de ces mesures serait délicate, en raison de problèmes techniques et des inégalités qu'elles pourraient induire entre exploitations agricoles.

La contribution de l'agriculture à l'effet de serre

En France, la contribution de l'agriculture à l'effet de serre est d'environ 18% [1] ; les secteurs des transports et de l'énergie représentant plus de la moitié des émissions de gaz. Les principaux gaz à effet de serre d'origine agricole sont le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O) et le dioxyde de carbone (CO_2).
Le méthane est principalement produit par fermentation dans le tube digestif des ruminants [2] et dans les rizières. N_2O, lui, provient de l'épandage des engrais azotés [3]. Enfin, la production nette de CO_2 est le résultat du bilan entre les émissions (par exemple dues à l'usage des tracteurs) et le stockage du carbone dans le sol ou dans la partie aérienne des plantes. Ces différents gaz ont des pouvoirs d'effet de serre et des durées de vie dans l'atmosphère très différents. Ils ne contribuent donc pas de façon équivalente à l'effet de serre : sur 100 ans, une tonne de méthane équivaut à 21 tonnes de CO_2 et une tonne de N_2O à 310 tonnes [4].

Taxes et primes : des outils puissants

Du fait de la diversité des productions, la modélisation réalisée montre que l'importance et le coût de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont très variables selon les exploitations agricoles. Pour certaines, ce coût est très élevé.
Ainsi, pour un cinquième des exploitations françaises, une réduction de 1% des émissions aurait un coût supérieur à 450 F. par tonne d'équivalent-carbone non émise. Pour ces exploitations, une taxe sur les émissions de gaz à effet de serre inférieure ou égale à 450 F. par tonne d'équivalent-carbone émise n'aurait donc aucun effet sur la réduction des émissions : il serait en effet moins coûteux de payer la taxe que de chercher à réduire les émissions [5]. Pour d'autres exploitations, le coût de réduction des émissions est plus faible : ainsi, une taxe de 450 F. conduirait 60% des exploitations à réduire leurs émissions d'au moins 5%.

Ainsi, le montant de la taxe détermine pour chaque exploitation le niveau de réduction des émissions. Les exploitants réduisent leurs émissions tant que le coût de la réduction reste inférieur à la taxe sur l'émission.

Dans l'hypothèse où le **boisement des terres mises en jachère obligatoire** serait conjointement autorisé (par amendement de la politique agricole commune européenne), les exploitations pourraient alors **stocker du carbone sous forme de bois** et donc réduire à faible coût les émissions nettes de gaz à effet de serre. Dans ce cas, une taxe de 450 F. par tonne d'équivalent-carbone conduirait plus de la moitié des exploitations à réduire leurs émissions d'au moins 20%.

Ce résumé a été réalisé par Olivier Rechauchère *Presse Info* n°225, février 2000, d'après un document plus complet de S. de Cara, P.A. Jayet, Économie et sociologie rurales Versailles-Grignon, "Approche économique de l'effet de serre d'origine agricole" publié dans la collection "INRA Sciences sociales" en octobre 1999.

[1] Source : programme national de lutte contre le changement climatique.
[2] Cf. *Presse Info* de mai 1998 et *Inra mensuel* n°78, septembre 1994.
[3] Cf. *Presse Info* d'octobre 1998.
[4] Pour pouvoir effectuer des calculs globaux, le CO_2 est utilisé comme référence et toutes les émissions de gaz à effet de serre sont converties en "tonnes d'équivalent-carbone sous forme CO_2 (tC-CO_2)".
[5] Cependant, la taxe reste indirectement efficace car son produit peut être affecté à un programme incitatif de réduction des émissions ou de correction des dommages.


Photo : F. Carreras

L'adoption d'une taxe sur les émissions permet d'inciter les exploitants à choisir des activités moins polluantes. De manière équivalente, une prime par unité de carbone stockée renforce l'intérêt des productions qui permettent un stockage de carbone conséquent, comme le boisement. Les chercheurs ont donc calculé l'effet conjoint de la taxe de 450 F. par tonne d'équivalent-carbone émise et d'une prime de 450 F. par tonne d'équivalent-carbone stockée. Dans le cas où l'on n'autorise pas le boisement des jachères obligatoires, la réduction globale des émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française serait de 2,3% ; mais elle se monterait à 13,3% si l'on autorise ce boisement.

Une mise en œuvre délicate

Quoique positive d'un point de vue environnemental et économique, l'autorisation du boisement sur jachère n'est pas neutre du point de vue de la répartition des revenus entre agriculteurs. L'adopter dans un schéma de régulation des émissions favoriserait les agriculteurs disposant d'importantes surfaces à boiser. Les agriculteurs n'ayant pas cette possibilité (en particulier les éleveurs) seraient relativement pénalisés.

Par ailleurs, un schéma de taxe sur les émissions se heurte à la difficulté de contrôler le niveau réel des émissions. Cette difficulté peut être aisément contournée par l'adoption d'une **taxe sur les facteurs de production dont l'usage entraîne des émissions**, par exemple une taxe par unité d'engrais azoté. De la même manière, la prime au stockage de carbone peut s'appuyer sur la connaissance des surfaces allouées aux différentes productions végétales.

La difficulté principale concerne les **émissions de méthane par les ruminants**. C'est la fermentation des aliments dans leur tube digestif qui est responsable de l'émission de méthane. Or tous les aliments n'ont pas le même pouvoir méthanogène.

Taxer l'animal risque donc de ne pas être "équitable", puisque les animaux seraient taxés de façon équivalente quels que soient les efforts faits pour limiter par l'alimentation leur production de méthane.

Taxer l'aliment est aussi source de problèmes : d'une part, il est difficile de quantifier l'alimentation produite sur l'exploitation et autoconsommée, en particulier en ce qui concerne les céréales ; d'autre part, on ne peut taxer de manière fiable que les aliments transitant par le marché, alors qu'ils ne sont pas nécessairement les plus "polluants" (en terme de quantité de méthane émise).

Des schémas de taxation peuvent être testés, combinant la prise en compte des cheptels présents sur les exploitations et l'alimentation achetée. Ils permettraient de limiter les effets négatifs d'une taxation portant uniquement sur l'aliment acheté.

Le problème se complique encore si l'on considère que c'est le mode d'alimentation des animaux en élevage extensif qui est le plus responsable d'émissions de méthane, les aliments concentrés utilisés en élevage intensif étant moins méthanogènes que l'herbe pâturée et les fourrages grossiers. Or l'élevage intensif est responsable d'autres types de pollution, tandis que l'élevage extensif présente des fonctionnalités autres que productives (entretien des paysages et maintien de l'emploi agricole dans des zones défavorisées). Une approche globale devrait donc intégrer ces différentes composantes du problème.

Thèmes de Presse info
que nous n'avons pas abordés récemment dans Inra mensuel

Février

Sélectionner un faisan apte à la vie sauvage, avec *Jean-Michel Melin.*

Éradication des populations de surmulots d'îles bretonnes, avec *Michel Pascal.* ■

Animer, Diffuser, Promouvoir

"Dessine-moi un mouton pour son coton"

Les enfants européens et l'agriculture

Paris, 17 fév (AFP) - Dessine-moi un mouton... pour avoir du coton et du bon jambon : les enfants européens ont d'étranges notions sur l'élevage et l'agriculture, selon une enquête du Conseil européen des jeunes agriculteurs (CEJA).

Elle a été réalisée fin 1999 pour le CEJA par INRA Deutschland* auprès de 2.400 enfants de 9 et 10 ans de 15 états membres de l'Union (100 à 200 par pays) et portant sur leurs connaissances du monde agricole.

Les trois-quarts des petits ont déjà été au moins une fois voir une ferme mais s'ils identifient à peu près correctement les cultures de base pratiquées en Europe comme tomates et pommes de terre (et pourtant 12% seulement des petits Italiens savent que la farine de leur "pasta" vient du blé), un grand nombre sont incapables de faire la distinction entre produits indigènes et "exotiques".

Ainsi, un enfant sur quatre aux Pays-Bas et au Royaume-Uni croit que les oranges et les olives poussent chez eux, 17% des Britanniques pensent que les bananes sont originaires de leur île et 20% des Finlandais et des Suédois croient trouver des pêches dans leurs vergers.

Par ailleurs, 50% des enfants ne savent pas d'où vient le sucre et seulement 11% d'entre eux identifient l'arbuste appelé cotonnier tandis que plus d'un quart affirment que le coton pousse... sur les moutons. Ces braves bêtes sont bien utiles puisque 14% des petits pensent également que le jambon vient du mouton.

Enfin, les enfants aiment bien les agriculteurs (un peu moins en France, en Belgique et en Italie) : ils sont actifs (95%) gentils (78%), affectueux (72%), disent-ils, mais ils les voient aussi comme des gens "plutôt âgés", des "grands-pères" (65%).

D'ailleurs, pour la plupart, ils ne conçoivent une ferme qu'avec des animaux et s'ils citent aussi les cultures, jamais ils ne pensent aux machines et aux exploitations modernes. 10% à peine voudraient devenir agriculteurs plus tard (jusqu'à 29% des Finlandais mais 3% des Allemands) pour eux la ferme est plus un livre d'images du passé que la réalité.

* INRA Deutschland : institut de sondage européen.

Exposition

NATURES EN TÊTE, Musée national d'histoire naturelle Paris, du 1er mars au 22 mai 2000.

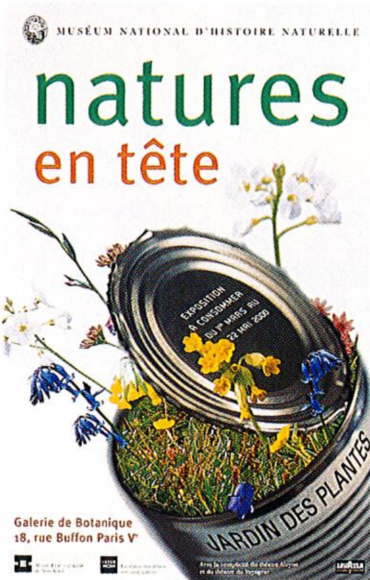


Photo : ©Muséum National d'Histoire Naturelle

Une invitation à la réflexion sur le rapport de l'homme à la nature.

Colloques

organisés par l'INRA ou auxquels participent des intervenants INRA

Nous avons noté certains colloques bien que leurs dates soient dépassées, car il nous paraît intéressant de vous en indiquer les thèmes et les contacts.

LA MÉDIATION CULTURELLE EN ETHNO-ÉCOLOGIE, Parc national des Cévennes, colloque franco-canadien organisé par le musée national des arts et traditions populaires, le centre d'Éthonologie française et la société d'Éthnologie française.

▲ Contact : Musée des Arts et Traditions Populaires et Centre d'Éthnologie Française.

RECHERCHE AVICOLE, Nantes, organisées conjointement par l'ITAVI, l'INRA, la WVPA, la WPSA et l'AFSSA, du 27 au 29 mars 2001.

Thèmes de ces 4èmes journées : nutrition ; génétique, sélection et systèmes d'élevage ; pathologie ; environnement et pratiques d'élevage ; hygiène, qualité et traçabilité des produits ; animal et milieu ; économie.

▲ Contact : Isabelle Bouvarel, ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris. Tél. 01 45 22 92 41. Fax 01 43 87 18 78.

INNOVIGNE, Pech Rouge, les 21 et 22 juin 2000.

1ères journées professionnelles de la vigne et du vin.

▲ Contact : Innovigne, 8 cité Paradis, 75493 Paris cedex 10.

BIOLOGIE DES MAUVAISES HERBES, Dijon, organisé par ANPP/INRA, du 6 au 9 septembre 2000.

11ème colloque en langue anglaise.

Au programme : biologie, écologie et systématique : pour les mauvaises herbes, même parasites, des zones tempérées ou tropicales ; lutte biologique et méthodes de contrôle non chimique ; compétition et modélisation ; modélisation de la compétition ; conséquences de la variabilité spatiale sur la nuisibilité ; résistances des mauvaises herbes aux herbicides ; stratégies de prévention et de gestion de ces problèmes ; cultures transgéniques résistantes aux herbicides ; conséquences sur les peuplements et sur l'environnement ; pratiques culturales et dynamique des mauvaises herbes ; évolution des peuplements et stocks semenciers en fonction des pratiques culturales et de l'usage des herbicides.

▲ Contact : Jean-Pierre Lonchamp, Malherbologie & Agronomie, BV 1540, 21034 Dijon cedex. Tél. 03 80 69 31 87. Fax. 03 80 69 32 62. Mél. lonchamp@epoisses.inra.fr

ŒNOLOGIE, PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT VINICOLE ET GESTION, Université d'été, Montpellier/Port-Leucate/Pech Rouge/Céret/Narbonne, organisée par l'Inst. de la vigne et du vin, du 28 août au 9 septembre 2000, en français.

▲ Contact : Univ. intern. d'été en Méditerranée, 22 rue Antoine Marty, 11020 Carcassonne cedex. Tél. 04 68 11 43 00. Fax. 04 68 72 60 22.

ALIMENTATION DE DEMAIN, Université d'été, Clermont-Ferrand, du 27 au 29 septembre 2000, organisée par Christian Remesy.

1ère journée : la diversité alimentaire
2ème journée : les relations entre alimentation et santé
3ème journée : les enjeux socio-économiques.

▲ Contact : Odile Bernard, Communication Clermont-Ferrand-Theix.

MALADIES DES PLANTES, Tours, du 6 au 8 décembre 2000, organisé par l'ANPP.

Thèmes des conférences et des tables rondes : le diagnostic des maladies et l'identification des agents pathogènes, les bases scientifiques et réglementaires de la sécurité alimentaire, les systèmes de protection contre les maladies, les nouvelles familles de fongicides et le point sur la résistance des agents pathogènes aux fongicides.

Colloques
autres

ÉCOLES PHYSIQUE ET CHIMIE DU VIVANT 2000. Dans le cadre de la Formation Permanente du CNRS, le programme Physique et Chimie du Vivant organise (organisateurs : Jean-Pierre Frenoy et Jean-Marie Schmitter/ intervenants : institut de Genève), en 2000, deux écoles thématiques :

1• Spectrométrie de masse.
Nouveaux développements
pour la biologie

Centre de Formation CNRS de Garchy (Nièvre) 15 au 19 mai 2000.

Objectifs : faire le point sur les grands développements actuels de la spectrométrie de masse à vocation biologique, notamment son utilisation pour la détermination des modifications post-traductionnelles, dans le cadre de l'étude du produit des génomes (protéomique), pour l'évaluation des interactions macroscopiques non covalentes. Accompagner l'effort d'équipement en spectrométrie de masse à vocation biologique.

Grands axes :

- principes de fonctionnement des principaux types de spectromètres de masse utilisés dans le domaine de la biologie : les modes d'ionisations : FAB, ESI et MALDI et les analyseurs : systèmes magnétiques, quadrupolaires, à trappes d'ions, à temps de vol ;
- protéines recombinantes ;
- la nécessaire intégration de la spectrométrie de masse au début de la réflexion stratégique ;
- détections et caractérisation de modifications post traductionnelles (glycosylation, phosphorylation, ponts disulfures, polyGly et polyGlu, métalloprotéines, ...)
- les possibilités du séquençage par MS/MS et MS^n...
- protéomique ;
- spectrométrie de masse et banques de données ;
- étude des interactions non covalentes (protéine/protéine, protéine/ADN, enzymes/inhibiteur) : approches directes et indirectes ;
- acides nucléiques et oligosaccharides.

▲ Contact scientifique : Jean-Marie Schmitter, CNRS UPRES-A 5472, Labo. de Physicotoxicochimie des systèmes naturels (LPTC), Université Bordeaux I, 351 cours de la Libération, 33405 Talence cedex. Tél. 05 56 84 28 43. Fax. 05 57 96 22 67. Mél. jm.schmitter@lptc.u-bordeaux.fr

Inscriptions : Évelyne Benard ou Claude Le Pierres, CNRS Délégation Aquitaine Poitou-Charentes, B.P. 105, 33402 Talence cedex. Tél. 05 57 35 58 09. Fax. 05 57 35 58 01. Mél. ebenard@dr15.cnrs.fr

2• Membranes biologiques.
De la cohésion au trafic

Centre de Formation CNRS de Garchy (Nièvre), organisé par Justin Tessié et Jean-Pierre Frenoy. Intervenants : Instituts de Groningen, Gembloux, Bruxelles, 18 au 20 septembre 2000.

Objectifs : le concept de membrane simple bicouche plane où flottent les protéines ne permet pas la description de l'ensemble des processus d'échange jouant une fonction clé dans le vivant. L'École fera le point sur les problèmes nécessitant une vision nouvelle de l'organisation dynamique des membranes (insertion, fusion). L'objectif est de proposer de nouveaux schémas interprétatifs susceptibles d'être validés par l'expérience et, par là, de nouveaux outils pour l'altération transitoire de l'édifice membranaire dans des perspectives technologiques de modification de la cellule.

Grands axes du programme :

- organisation membranaire : aspects thermodynamiques ; la membrane au sein de la cellule ; modélisation et dynamique membranaire ;
- les peptides comme moteurs de déstabilisation : peptides lytiques ; toxines ;
- trafic membranaire dans la cellule
- fusion et transfert à travers les membranes.

▲ Contact scientifique : Justin Tessié, CNRS UPR 9062, Institut de Pharmacologie et de Biologie Structurale (IPBS), 205 route de Narbonne, 31077 Toulouse cedex 4. Tél. 05 61 17 58 12. Fax. 05 61 17 59 94. Mél. justin@ipbs.fr

Inscriptions : Élodie Girard, CNRS, Délégation Midi Pyrénées, 14-16 avenue Édouard Belin, B.P. 4637, 31055 Toulouse cedex 4. Tél. 05 61 33 60 10. Fax. 05 61 33 60 50. Mél. girard@dr14.cnrs.fr

DES MODÈLES BIOLOGIQUES À L'AMÉLIORATION DES PLANTES, Montpellier, du 3 au 5 juillet 2000, organisé par l'AUPELF-UREF.

Ces journées seront axées sur les changements d'approche qui se profilent en biologie et amélioration des plantes.

▲ Contacts : AUPELF-UREF 2000, labo. GeneTrop, IRD, 911, av. Agropolis, 34032 Montpellier. Tél. 04 67 41 61 94. Fax. 04 67 41 62 22. AUPELF-UREF 2000, 624 rue des Grèzes, 34070 Montpellier. Tél. 04 67 03 03 00. Fax. 04 67 45 57 97. http://www.refer.org/bioveg/

CONFÉRENCES IFN 2000, 1er semestre : actualités sur les folates, les allergies alimentaires, les troubles du comportement alimentaire chez les adolescents, alimentation et sida. Le 16 mai

Envoyer Inra mensuel
Changements d'adresse

Nous recevons un nombreux courrier signalant les changements d'adresse de personnes travaillant à l'INRA. Nous remercions ceux qui prennent cette peine mais malheureusement cela ne dépend pas de nous : la gestion des adresses a été décentralisée ; il est donc indispensable d'indiquer ces changements au **service du personnel de votre centre, uniquement**.
Par ailleurs, pour éviter le gaspillage, certains d'entre vous ont également la gentillesse de nous proposer de ne recevoir qu'un seul numéro pour deux lorsqu'ils ont la même adresse. De la même façon, cela est impossible car le fichier de la direction des Ressources Humaines est absolument nominatif et ne peut être modifié. Vous pouvez donner le numéro supplémentaire à une bibliothèque ou à un enseignant intéressé. merci. Denise Grail,
Inra mensuel

Jardin d'un monastère japonais (16ème siècle).



Photo : C. Maître

2000 à 17h30 : le principe de précaution.

▲ Contact : IFN, 71 av. Victor Hugo, 75116 Paris. Tél. 01 45 00 92 50. Fax. 01 40 67 17 76.

EFFET DE SERRE. *Arts, littérature, sciences, nature & jardins.* Rencontres en Seine-Saint-Denis. Ces rencontres se déroulent d'automne 1999 au printemps 2000. À l'initiative du département de Seine-Saint-Denis, 16 villes et 2 universités partenaires inviteront des écrivains et des poètes pour aborder les questions des rapports de l'homme à la nature : Aubervilliers "Notre planète est un jardin", Aulnay-sous-Bois "De la terre à la table", Bagnolet "Un naturaliste hors sentier", Bobigny "La cité rêvée", Clichy-sous-Bois "Écritures et Nature", La Courneuve "Lecture au Jardin", Épinay-sur-Seine "Sur les Berges", Montreuil-sous-Bois "L'Amazonie à Montreuil", Neuilly-sur-Marne "Climats et paysages en mouvement", Noisy-Le-Grand "Cultivons notre jardin", Pantin "Un herbier poétique et botanique", Romainville "Carnet de voyages - Paroles d'anciens", Saint-Denis "Les jardins de demain", Stains "La fiche en fabrique", Tremblay-en-France, Université Paris 13 "Dans la lumière des saisons", Villepinte "Plate-bande".

▲ Contact : Conseil Général de la Seine-Saint-Denis, BP193, 93003 Bobigny cedex. Tél. 01 43 93 75 18. http:// www.synesthesie.com/effetdeserre

QUELLES CERTITUDES ET QUELLES INQUIÉTUDES NOTRE SIÈCLE LÉGUERA-T-IL AU SIÈCLE SUIVANT, hôtel de l'Académie d'agriculture de France à 14h30. 1er semestre 2000 : 11 séances. Nous vous donnons tous les thèmes et leurs dates (seulement pour celles non périmées) : la confrontation des milieux par les éléments en traces, la forêt au XXIe siècle, le bon usage des intrants en agriculture, villes et campagnes, un seul territoire ? les biotechnologies chez les végétaux, individus et clones chez les animaux et les micro-organismes le 10 mai, la production animale face aux exigences de la société le 17 mai, l'agriculture et l'Europe le 24 mai, expertise et décision le 7 juin, l'espace rural, garant de l'eau le 14 juin, élaboration et conservation des aliments le 21 juin.

ÉVOLUTION DES PATHOGÈNES ET LEURS HÔTES, Institut Pasteur Paris, 5-7 octobre 2000.

Cette conférence sur les maladies infectieuses illustrera les différentes stratégies de survie des microbes face aux défenses de leurs hôtes et de leur évolution.

▲ Contact : Tél. 01 40 61 34 05. http:// www.pasteur.fr/infosci/conf/evolpath

Éditer, lire

Revues

LA MODULATION DES AIDES DIRECTES À L'AGRICULTURE FRANÇAISE. La modulation des aides directes de la politique agricole commune (PAC) est mise en œuvre, en France pour réorienter une partie des aides directes à l'agriculture (un milliard de francs, soit 2% de l'ensemble des aides directes) vers le financement des contrats territoriaux d'exploitation (CTE) institués par la récente loi d'orientation agricole.

Cette décision du gouvernement français correspond à l'application de la réforme de la PAC (dite "Agenda 2000") qui donne la possibilité aux États membres d'instaurer une modulation des aides directes en fonction de trois critères : le montant des aides directes PAC, l'emploi et la prospérité économique mesurée par la marge brute standard (MBS).

Après une analyse succincte de l'évolution de la répartition des aides directes aux exploitations agricoles françaises, cette étude présente le dispositif de modulation retenu en novembre

dernier et en analyse les conséquences, à horizon 2004, à partir des données du réseau d'information comptable agricole (RICA).

Résumé de l'article de Vincent Chatellier, ESR Nantes, *Inra Sciences Sociales* n°5/99-janvier 2000.

ACTES ET COMMUNICATIONS. Droit et négociations internationales, Économie et sociologie rurales, n°16, 1999, séminaire du 21 janvier 1989, 100 F. 15,24 €.
Au sommaire : la protection européenne du paysage. Contribution à la genèse d'une convention ; le rôle des secrétariats des conventions internationales de protection de l'environnement ; un conflit international à propos du Danube ; les ambiguïtés de l'élaboration internationale des normes ; la réglementation des aliments, grandes orientations actuelles ; les conflits des lois à propos d'Internet ; la prise en considération des aspects scientifiques techniques et économiques pour la protection des biotechnologies par le droit des brevets ; la protection internationale des signes de qualité.

INSECTES. Les cahiers de liaison de l'OPIE, n°115, 4ème trimestre 1999, 31 p., 50 F. 7,62 €. (Abonnement de 4 numéros : 185 F. 28,21 €. http://www.inra.fr/OPIE-Insectes/pa.htm)
Au sommaire : les OGM et l'entomofaune ; les insectes introduits aux Galapagos ; un élevage *d'Acherontia atropos* Linné ; curiosité entomologique ; fiches techniques d'élevage ; à propos des accouplements manuels ; séminaire sur l'inventaire et la cartographie des invertébrés.

LA GARANCE VOYAGEUSE, revue du monde végétal, n°48, hiver 1999, (40 F. 6,1 € le numéro, abonnement d'1 an (4 numéros) : 125 F. 19,06 €). Mél. garance@wanadoo.fr
Au sommaire : discrètes immigrées (les plantes exotiques) ; l'ambroisie ; les migrations végétales ; tenace séneçon ; menaces vertes sur les îles du Pacifique ; que sont les élodées devenues ; les berges du Rhône ; la salicaire, ange ou démon ; pestes forestières ; stratégies de lutte ; la fourmi à longues pattes.

AGRICULTURES. Cahiers d'études et de recherches francophones, Éditions John Libbey Eurotext, vol. 8, n°6, nov-déc. 1999, 87 p., 120 F. 18,29 €. http:// www.john-libbey-eurotext.fr
Au sommaire : transport, santé et bien-être des animaux de ferme ; les échanges internationaux et le bien-être animal et la qualité des viandes ; la peur des animaux domestiques envers les humains et son influence sur leur bien-être ; sevrage précoce et bien-être des porcelets ; gestion des poules de réforme ; le pâturage itinérant dans la basse vallée de la Seine : une nécessité écologique et agronomique ; vers la fin du café Arabica en pays Bamiléké.

PRODUCTIONS ANIMALES, INRA Éditions, n°5, volume 12, décembre 99, 65 p. 100 F. 15,24 €. (Abonnement 1 an/5 numéros : 400 F. 60,98 €). http://www.inra.fr/PA/ index.htm
Au sommaire : actualités en reproduction équine ; nutrition du poulet de chair en climat chaud ; biologie, éthique, réglementation ; strongyloses chez les chèvres laitières ; valeur nutritionnelle des ensilages de maïs.

LE COURRIER DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INRA, Mission Environnement-Société, n°38, nov. 1999, 146 p., http://www.inra.fr/dpenv/pa.htm
Sommaire : éleveurs et aménagement du territoire ; animaux utiles et nuisibles dans les livres scolaires ; le marais Vernier ; les éléments de durabilité de l'agriculture biologique ; la dénitrification des sols ; la réglementation du ramassage des escargots ; OGM et propriété industrielle ; les plans de développement durable du point de vue juridique ; oiseaux migrateurs et chasse.

L'IMAGE DANS LA SCIENCE, revue Alliages n°39, été 99, 128 p., 85 F. 12,96 €.
Ce numéro traite plus spécialement de l'image et de ses techniques à plusieurs époques mais également du journalisme poétique.

BIMA, Contrat territorial d'exploitation : le temps des signatures, hors-série n°5-janvier 2000, magazine du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 34 p., 25 F. 3,81 €. http://www.agriculture.gouv.fr

Divers

CENTRE DE RECHERCHE DE NANTES. Bilan biennal d'activité scientifique, 1998-2000, 40 p.
Au sommaire : le centre de recherche agro-alimentaire de Nantes ; biochimie et technologie des protéines ; physique et technologie des végétaux ; fonctions digestives et nutrition humaine ; physico-chimie des macromolécules ; polysaccharides organisations & interactions ; études des interactions des molécules alimentaires ; microbiologie et technologie céréalières ; études et recherches économiques ; recherches sur l'économie des qualifications agro-alimentaires ; services d'appui à la recherche.

À LA DÉCOUVERTE DE L'INRA, centre de Bordeaux-Aquitaine, 7 volets, www.bordeaux.inra.fr
Plaquette de présentation du centre de Bordeaux : l'INRA en bref ; l'INRA en Aquitaine ; l'INRA vers l'extérieur ; thèmes de recherche : animaux, végétaux : de l'environnement... au génome.

DESSINS DE VINCENT DUMAS PARUS DANS "LE PAVÉ DANS COLMAR" 1991 À 1999, 1999, 42 p. L'histoire du centre de Colmar revue et commentée au travers des différentes rubriques du Pavé...
▲ Contact : INRA Colmar, Pascale Zindy. Tél. 03 89 22 49 29.

PROSPECTIVE PROTÉINES, tome 1, rapport final, document provisoire de la DADP décembre 99, 308 p.
Sommaire : contexte national et international ; sources de protéines dont les farines animales, l'impact des mesures sur le bien-être animal, qualité... ; la place de la distribution et de la consommation ; scénarios multiples dont le choix des OGM, de l'agriculture biologique, du terroir. **Principales composantes des nombreux macroscénarios** : le tout-libéral/la régulation mondiale/la coopération entre blocs/la cri-

se systémique mondiale/la crise régionale/un "autre" développement croisés avec la démographie/la politique/la croissance économique/le social/le culturel/les technologies/la science et la technologie/l'environnement/le marché mondial/le commerce mondial agricole/détail par filière/production mondiale végétale et animale/politique européenne.

On trouvera également un bilan des différents événements économiques et politiques qui ont joué un rôle au cours de la réflexion sur ce thème : l'évolution de la configuration prospective par Pierre Gonod : le retour à la croissance, la guerre du Kosovo et ses implications ; le conflit USA-UE ; la politique agricole ; les conséquences des turbulences de l'été 99 : macro-scénario global de référence, sur le système des protéines.

▲ Contact : Hélène Lecœur, DADP Paris.

QUALITÉ DES PRODUITS LIÉE À LEUR ORIGINE, DADP et SAD, coordinateurs C. Béranger, E. Valceschini 1999, 300 p. Actes des séminaires des 10 et 11 décembre 1998.

Au sommaire : élaboration et gestion technique et socio-économique de la "typicité qualité" ; stratégies territoriales et sectorielles des acteurs ; stratégie d'acteurs et négociations internationales.

▲ Contact : Hélène Lecœur, DADP Paris.

RECHERCHES POUR ET SUR LE DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL, dirigées par Michel Sébillotte. Collection DIC, série Orientation et Organisation.

- **Symposium de Montpellier**, 11 et 12 janvier 2000, 486 p., tome 1 : communications du symposium.

Au sommaire : économie de filière et territoires ; gouvernance territoriale et coordination locale ; politiques publiques et développement territorial ; activités territoriales et emploi ; innovation et développement territorial ; émergence de problèmes et conduite de projets de recherche en partenariat dans un cadre territorial ; organisation et coordination de projets de recherche en partenariat dans un cadre territorial. Évolution des métiers.

- **Pays de la Loire**. Restitution aux partenaires de la région le 27 octobre 1998, 170 p.

Au sommaire : localisation et territoire ; innovation, coordination verticale, technologie et qualité ; environnement, risques et filières de pollution ; adaptation de l'agriculture régionale.

- **Languedoc-Roussillon**. Restitution aux partenaires de la région le 17 juin 1999, 124 p.

Au sommaire : un dispositif de recherche sur le développement régional ; 1994 le diagnostic initial et les axes de recherches proposés ; 1994-1999 : 22 projets conduits en recherche-action ; 1994-1999 une recherche en partenariat, à bénéfices partagés : points de vue des partenaires ; 1999... un nouveau diagnostic pour l'agriculture et les IAA dans le développement régional.

- **Rhône-Alpes**. Restitution aux partenaires de la région le 26 octobre 1999, 166 p.

Au sommaire : dynamique des activités, structuration des territoires et politiques agricoles et rurales ; gestion environnementale de l'espace agricole et rural ; innovation, qualité et valorisation des produits régionaux agricoles et agro-alimentaires.

▲ Contact : Hélène Lecœur, DADP Paris.

Livres

Les nouvelles parutions des Éditions INRA sont diffusées dans le document ci-joint "Info'nouveautés 2000".

ART ET SCIENCE, Éliane Strosberg, Éditions Unesco, 245 p., 250 ill., 198 F. 30,18 €.

Au sommaire : le dialogue art et science ; une histoire dynamique ; le savoir derrière l'architecture ; de la décoration à la haute technologie ; la science au-delà de la peinture ; le langage des arts graphiques ; la technique des arts du spectacle ; une symbiose art et science.

PAYSAGES DES SCIENCES, sous la direction de Michel Serres et Nayla Farouki, Le Pommier/Fayard, coll. Lire l'image, 1999, 201 p., 295 F. 44,97 €.

Cet ouvrage présente de belles et nombreuses images de science où l'on peut apprendre à décoder une

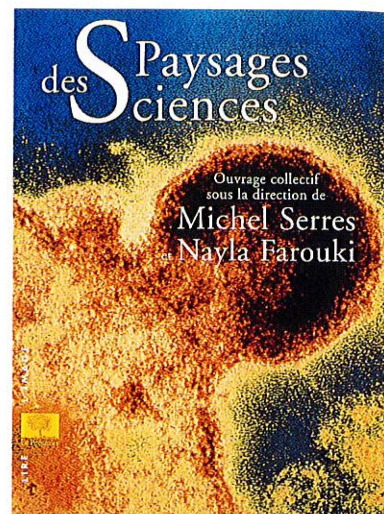


image scientifique, à en lire les signes. Les objets vus et instruments utilisés sont expliqués pour en voir les images à la croisée des sciences et de l'art. Les chercheurs auteurs du livre sont historien, philosophe, mathématicien, biologiste, informaticien, spécialiste de génétique des populations, physicien, chimiste, astrophysicien et spécialiste des géomatériaux.

LE RÔLE DES MÉTAPHORES EN BIOLOGIE, Evelyn Fox Keller, Éd. Institut Synthélabo/Les empêcheurs de penser en rond, 158 p. 84 F. 12,81 €.

Au sommaire : science et langage : la génétique, l'embryologie et le discours de l'action génique ; molécules, messages et mémoire : la vie et la deuxième loi de la thermodynamique ; le corps d'une nouvelle machine : l'organisme entre le télégraphe et l'ordinateur.

LE PRINCIPE DE PRÉCAUTION, Philippe Kourilsky, Geneviève Viney, Éd. Odile Jacob coll. La Documentation française, 405 p., 140 F. 21,34 €.

Le principe de précaution est de plus en plus invoqué dans les affaires touchant à l'environnement, à l'alimentation, à la santé. Que recouvre-t-il dans la pratique ? Quels sont ses contours juridiques ? Quelles sont les implications judiciaires de son utilisation ?

Dans ce rapport, à la demande du premier ministre, les auteurs explorent le contenu du principe de précaution. Ils montrent qu'il répond à une demande sociale forte et formulent, en conséquence, une importante série de recommandations, tout en soulignant que, selon l'usage qui en sera fait, il peut aboutir au meilleur comme au pire.

LA POLITIQUE DE LA MONTAGNE. Rapport d'évaluation, Commissariat Général du Plan, Gilles Bazin (INRA-ESR) rapporteur. La Documentation française, 1999, 2 volumes, 816 p., 195 F. 29,73 €.

La politique de la montagne, qui concerne depuis une trentaine d'années des domaines aussi variés que l'aménagement des massifs, le développement des activités économiques et la protection de l'environnement est-elle toujours adaptée à l'évolution de ces territoires dans l'actuel contexte national et européen ? Cette question de la pertinence de la politique de la montagne pour l'avenir imposait à l'instance d'évaluation mise en place au Commissariat Général du Plan d'en réaliser le bilan afin de juger l'adéquation des objectifs et des moyens mis en œuvre. Elle engageait également l'instance à redéfinir les finalités et les outils de cette politique en tenant compte de ses résultats et des évolutions qui affectent son contexte économique et institutionnel. Bien que le bilan de la politique de la montagne présente de nombreux aspects positifs, de nouvelles orientations en matière de soutien des activités traditionnelles et de développement des secteurs porteurs dans le respect de l'environnement sont nécessaires afin de mieux valoriser les atouts de la montagne dans notre société. L'instance d'évaluation propose la définition d'un nouveau "contrat" entre la nation et sa montagne, contrat fondé sur la reconnaissance de l'intérêt patrimonial de ces espaces et le renforcement des politiques de soutien à leur développement.

Audiovisuel

La forêt après la tempête

L'ARBORETUM D'AMANCE

Le 26 décembre 1999, une tempête d'une rare violence a traversé la partie nord de la France. Les dégâts sont très importants, et les forêts ont payé un large tribut à cette tornade.

L'arboretum d'Amance, près de Nancy n'a pas été épargné. Michel Vernier qui en a été longtemps le responsable nous dresse un état des lieux :

l'arboretum a été créé en 1900, premières plantations faites en 1901, 40 espèces sélectionnées qui font l'objet encore aujourd'hui de programmes d'amélioration génétique.

Sa création avait deux objectifs :

- enseignement de la botanique (École Forestière de Nancy)
- trouver des espèces susceptibles d'enrichir les forêts de l'Est de la France.

600 espèces ont été testées depuis le début du siècle sur environ 9 ha.

L'arboretum est découpé en 4 grandes régions de provenance des essences :

- Europe occidentale
- Asie
- Amérique du Nord de l'Ouest
- Amérique du Nord de l'Est

Bilan de la tempête :

4807 arbres (dont 4000 grands) 675 ont été détruits soit 17 % des collections ; 106 espèces touchées soit 1/4 des collections ; 600 m³ de bois à recycler ; 8 ans pour la reconstruction.

- Europe occidentale :

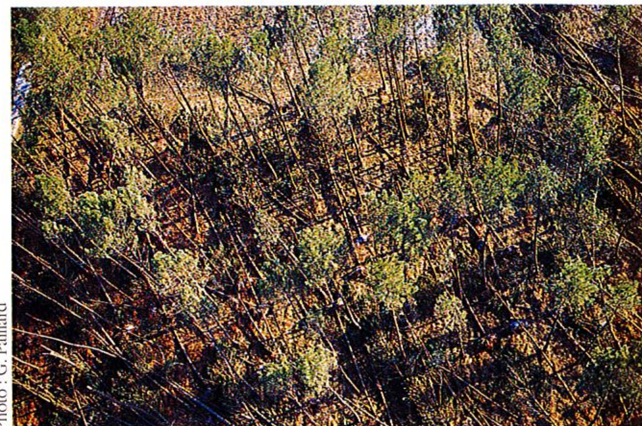
676 mélèzes détruits ; des chênes de Hongrie ; 3 espèces des Balkans quasiment détruits ; 1/3 des conifères cassés (poids du feuillage).

Les arbres touchés étaient ceux sensibilisés, entre autres, par la succession d'hivers très froids (13) et les dégâts des deux guerres mondiales.

- Asie : surtout des épicéas détruits car mal adaptés au climat lorrain.
- Amérique du Nord de l'Ouest : composé de 30% de conifères ; 349 arbres renversés.
- Amérique du Nord de l'Est : composé de 85% de feuillus ; zone la plus touchée : 50 %.

Réalisation : Gérard Paillard
Collaboration scientifique :
Michel Vernier, chargé de Mission à l'Arboretum
Durée : 10 mn. Date : 18 février 2000.

LES LANDES, DOMAINE DE L'HERMITAGE. Le sud de la France a été touché par la tempête du 27 décembre 1999. Sur les 900 000 ha de forêt landaise, 130 000 ont été détruits. Des chercheurs en génétique, en écophysiologie et nutrition, en bioclimatologie, en qualité des bois et en entomologie analysent les conséquences et les moyens à mettre en œuvre pour restaurer la forêt.


Photo : G. Paillard

Les Landes après la tempête.

Réalisation : Gérard Paillard
Collaboration scientifique :
Antoine Kremer, Christophe Plomion, Denis Loustau, Paul Berbigier, Thierry Fourcaud, Stéphane Berthier, Hervé Jactel.
Durée : 15 mn. Date : 18 février 2000.

TERROIRS ET COURS DE FERME

Une série de 10 documentaires de 26 minutes, écrite et réalisée par Dominique Martin-Ferrari d'après une idée originale d'Alain Raveneau. Réalisation des sujets : Jean-Yves Charpin, Dominique Martin-Ferrari, Emmanuel Réau, Vincent Trisolini, produit par EAD, diffusion La Cinquième : le porc basque ; la géline de Touraine ; l'âne de Provence ; la vache Aubrac ; le cheval breton ; l'oie de Toulouse ; la chèvre du Rove ; le cheval comtois ; le mouton boulonnais ; le dindon ardennais (diffusés en février, mars avril).

Internet

Une nouvelle page web vient d'être créée sur les encéphalopathies spongiformes, "Des recherches pour tous - Dossiers". Elle rassemble les ressources existantes et une page de liens externes. http://www.inra.fr/Internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/DOC/esst/index.html ■

INRA Partenaire

L'agriculture raisonnée

Guy Paillotin a présenté au ministre de l'Agriculture et de la Pêche, Jean Glavany, les conclusions du rapport sur l'agriculture raisonnée qui lui avait été confié le 13 septembre 1999. Ce rapport précise le contenu de la démarche de l'agriculture raisonnée et formule des propositions pour sa mise en œuvre à l'échelle nationale et européenne.

Les principes constitutifs de l'agriculture raisonnée

• L'agriculture raisonnée a l'ambition de maîtriser, de la meilleure façon possible, au niveau de l'exploitation prise dans son ensemble, les effets positifs et négatifs, de l'activité agricole sur l'environnement, tout en assurant la qualité des produits alimentaires et le maintien, voire l'amélioration, de la rentabilité économique des exploitations. Selon ce principe, l'agriculture raisonnée s'adresse, a priori, à l'ensemble des agriculteurs.

• La démarche environnementale de l'agriculture raisonnée repose sur des bases objectives : gestion de l'eau, des sols, de l'air, de la biodiversité, des éléments de base des paysages, du bien-être animal ; économies d'énergie ; sécurité sanitaire des agriculteurs. Le cahier des charges de l'agriculture raisonnée est donc constitué par un socle de bonnes pratiques respectueuses de l'environnement et scientifiquement validées. Ce socle peut être assimilé au contenu d'un contrat passé entre les agriculteurs et la société. À ce titre, il ne saurait faire l'objet de surenchères venant d'initiatives privées.

• Pour être crédible, la démarche de l'agriculture raisonnée doit reposer sur une procédure d'assurance qualité, fondée sur l'écrit, transparente et opposable à des tiers. Elle devrait s'inspirer de la norme ISO 14001.

• L'amont et l'aval de l'agriculture doivent s'associer à l'effort de l'agriculture raisonnée. Ce concours ne peut être conçu que comme une adhésion, faite sur des bases déontologiques, à une démarche environnementale visant à répondre à une demande de la société. La communication sur l'agriculture raisonnée ne peut se faire que sur son réel contenu. Elle est donc destinée aux citoyens.

• La recherche, l'innovation et la formation doivent être mobilisées pour favoriser l'essor de l'agriculture raisonnée.

• L'agriculture raisonnée se fixe un niveau minimum d'exigences environnementales. Il correspond soit à la réglementation, soit aux conditions actuelles d'accès aux marchés. Sa définition ne doit pas introduire de distorsions de concurrence intra-européenne. À partir de ce niveau, chaque agriculteur se fixe des programmes d'amélioration continue adaptés à son exploitation. Le niveau maximum de performances environnementales de l'agriculture raisonnée est celui, au-delà duquel, il y a remise en question objective de la pérennité des exploitations. La définition de ces deux niveaux est cohérente avec l'évolution de la Politique agricole commune et la mise en œuvre des Contrats territoriaux d'exploitation.

Mise en œuvre de l'agriculture raisonnée

Le rapport propose au ministre les actions suivantes :
• asseoir, sur un dispositif réglementaire, les principes énoncés précédemment ;
• établir sur des bases conventionnelles la forme de l'engagement de l'agro-fourniture et de l'aval de la filière agro-alimentaire ;
• établir sur des bases conventionnelles la norme d'assurance qualité de l'agriculture raisonnée proprement dite.

Celle-ci devrait s'apparenter à la norme ISO 14001. C'est la qualification plutôt que la certification des exploitations qu'il faut rechercher. Trois niveaux de responsabilité devraient être distingués :
- un niveau national, responsable de la pertinence et de la cohérence des démarches environnementales de l'agriculture raisonnée ainsi que de la crédibilité de l'architecture globale de la procédure d'assurance qualité,
- un niveau intermédiaire, régional ou professionnel qui par délégation du niveau national, gérerait effectivement cette procédure,
- le niveau des exploitations qui seraient qualifiées par ce niveau intermédiaire,

• cette procédure devrait être proposée aux autres pays européens. Elle est d'ailleurs compatible avec des démarches entreprises par plusieurs de ces pays.

Communiqué de presse du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 23 février 2000.
Disponible sur le site Internet du ministère de l'Agriculture : http://www.agriculture.gouv.fr/medi/etud/rapallotin.htm

Convention-cadre entre le ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et l'INRA

Dominique Voynet, ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, et Bertrand Hervieu, président de l'INRA, ont signé le 10 février 2000, une convention-cadre qui définit entre le ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et l'INRA, les grands domaines de coopération et les principales modalités de leur collaboration.

Cette convention-cadre a été établie en concertation avec le ministère de



Photo : C. Maître

Fontaine
place St-Sulpice (Paris).

l'Éducation Nationale et de la Recherche et le ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Le ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, attentif aux attentes de la société en matière d'environnement et de qualité de la vie, souhaite fonder ses actions sur les meilleures connaissances et compétences de la recherche publique, et particulièrement de l'INRA. La réforme récente de l'INRA a placé au rang de ses priorités majeures, les objectifs environnementaux et territoriaux et promu une organisation favorisant la mobilisation à leur service, de l'ensemble des disciplines de recher-

* Voir *Inra mensuel* n°100, janvier-mars 1999, rubrique "Le Point".

che. L'axe stratégique "Gérer l'espace, préserver l'environnement et produire durablement" mobilise aujourd'hui plus de 20% des forces de l'INRA, soit quelque 2000 personnes, dont plus de la moitié sont chercheurs, ingénieurs ou jeunes chercheurs en formation.

La convention-cadre prévoit d'intensifier les échanges d'informations sur les enjeux environnementaux et la conception puis la mise en œuvre d'actions de coopération, ainsi que le renforcement de l'expertise collective et individuelle, l'analyse des besoins de formation et d'enseignement, la contribution au débat public, l'évaluation des conséquences de l'innovation résultant de l'activité de l'INRA.

Un comité de coordination, sous la présidence alternée des directeurs généraux, fera le bilan des actions de coopération en cours et l'évaluation des nouveaux besoins. Une première réunion a eu lieu à la suite de la signature de la convention.

Communiqué de presse du ministère de l'Aménagement et du Territoire et de l'INRA, 10 février 2000.

Intervention de Bertrand Hervieu, président de l'INRA

Madame la Ministre - c'était en juillet dernier - vous avez honoré l'INRA de votre visite afin d'y tenir avec Guy Paillotin, mon prédécesseur, Paul Vialle, le directeur général, les directeurs scientifiques, une réunion de travail principalement centrée sur les axes de recherche développés à l'INRA qui concernent l'activité de votre ministère.

Vous avez souhaité que votre département ministériel et l'INRA aillent plus avant dans leur coopération et leur dialogue : c'est le sens de cette convention.

• Cette convention est d'abord là pour souligner l'importance de la collaboration existante en même temps que pour affirmer notre volonté d'orienter ou de compléter nos champs de recherche, de développer une expertise collective sur les questions d'environnement, de favoriser ensemble les mises à disposition croisées des agents et la circulation de ceux-ci entre le ministère et l'INRA, et surtout de favoriser et animer le débat public.

• Les interactions entre le MATE et l'INRA concernent bien entendu le domaine de l'environnement, je pense à l'eau, aux milieux aquatiques, au sol, au recyclage des déchets, à la biodiversité, mais aussi à tout ce qui concerne l'aménagement du territoire et à l'évaluation de la décision publique.
En ce qui concerne le territoire, l'INRA entend développer son implication sur l'analyse de la multifonctionnalité de l'agriculture, le suivi de la Loi d'Orientation Agricole, la mise en place des Contrats Territoriaux d'Exploitation.
De la même façon, plusieurs équipes de chercheurs travaillent dans le groupe de prospective de la DATAR sur les espaces naturels et ruraux, groupe que je préside moi-même.
Ajoutons que les questions d'emploi rural, qui vous tiennent à cœur, sont une dimension prioritaire des programmes du département Économie et sociologie rurales.
D'une manière générale, cette convention veut mettre en avant la cohérence de nos orientations de recherche avec l'action publique. La recherche de cette mise en cohérence, conduit l'INRA à appréhender les projets de recherche sur l'agriculture de façon plus globale et pas seulement sous le seul angle de la production.
La forêt quant à elle, est d'ores et déjà retenue comme priorité par l'organisme dans le cadre de la préparation du budget de 2001.

• De la même façon, les questions nouvelles que se posent nos concitoyens quant à, l'évolution de la connaissance dans le domaine du vivant, nous conduisent à nous impliquer davantage dans les débats sur les relations entre la science et le développement de la société. Il me semble de ce point de vue que le Courrier de l'Environnement, publication de l'INRA, est un bon exemple de l'orchestration des débats de société.
Il est capital que nous développions une pédagogie du débat qui permette à l'opinion, au public, de comprendre que la science n'est pas finie, qu'elle se construit aussi dans le tâtonnement et la contradiction : elle est une démarche et non pas un corpus de connaissances figées dans lequel on puiserait des réponses à toutes questions.

• Enrichir nos orientations de recherche de nouvelles thématiques liées à l'environnement et au territoire, mettre en cohérence l'effort de recherche publique avec l'action publique en général, faire partager l'avancée des connaissances et faire connaître l'état de la recherche en train de se faire sont des objectifs que nous partageons comme cette convention vient le rappeler. Au-delà de ces objectifs, il nous revient de faire en sorte que les acquis de la recherche publique ne soient pas instrumentalisés au profit de quelques-uns mais partagés au bénéfice de tous.

Accord-cadre INRA Cemagref

L'INRA et le Cemagref ont signé le 8 février 2000, pour cinq ans, un accord-cadre pour coordonner leurs efforts et associer leurs compétences sur des sujets d'intérêt commun : gestion des milieux aquatiques, gestion durable des forêts, gestion des intrants agricoles et information spatialisée. En application de l'accord-cadre, une convention générale de coopération dans le domaine forestier a été signée le même jour. Cinq groupes de coordination ont été créés : santé de la forêt ; ressources génétiques ; modélisation de la dynamique des peuplements ; relations entre la forêt et les cervidés ; économie de la forêt.

Équipes de Recherches technologiques

Une Équipe de Recherche Technologique (ERT) est une Unité Mixte de Recherche* (UMR) ou une équipe de recherche au sein d'une UMR qui, en partenariat avec des industriels mène, à moyen terme (minimum 4 ans, durée du contrat quadriennal des universités) des recherches dans le cadre de projets visant à lever des blocages technologiques.

L'ERT doit répondre à des besoins sociaux bien identifiés et être menée en partenariat avec des acteurs du monde socio-économique.

L'intérêt d'une ERT est qu'il s'agit surtout d'un label pour l'équipe concernée qui bénéficie alors d'une dotation financière spécifique du MENRT. Ce crédit varie en fonction du domaine de recherches et dépend du nombre d'enseignants-chercheurs et de chercheurs mobilisés.

Afin d'être reconnue, cette équipe doit s'appuyer en amont sur une recherche de qualité où les connaissances les plus récentes produites dans le domaine doivent être prises en compte. Ceci peut être attesté par le soutien formel de l'établissement universitaire qui présentera l'ERT dans son contrat quadriennal. Les personnels appartenant à l'ERT doivent être clairement identifiés et restent membres de leur laboratoire.

Les prestations de service, les recherches de solutions à des problèmes ponctuels, ainsi que de simples expertises ou des transferts ne sont pas suffisants pour justifier la constitution d'une ERT.

Pour identifier une ERT, différents critères seront retenus tels que la pertinence du projet soumis et la qualité du partenariat industriel, l'implication en moyens financiers et humains des industriels partenaires, les brevets déposés et les licences négociées, les publications dans les revues technologiques de qualité, les thèses financées ou cofinancées par l'industrie, la participation à des réseaux de recherches et d'innovations technologiques lorsqu'ils existent... L'expertise du dossier est réalisée à la fois par la Mission Scientifique Universitaire (MSU) du MENRT, direction de la Recherche pour les aspects universitaires et par la direction de la Technologie pour les aspects industriels. La dotation donnée par la MSU *in fine*, pour les UMR tient compte de l'existence ou non d'une ERT.

▲ Contacts : Bernard Sauveur, Marie-Françoise Rabut, direction de l'action régionale et des relations avec l'enseignement supérieur, Paris.

Débat sur l'enseignement agricole : "Prospea"

Le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche a lancé une grande concertation visant à élaborer un projet pour le service public d'enseignement agricole. Jean-Claude Le Bossé, directeur de la DGER, est venu à la dernière réunion des présidents de centre présenter ce projet de débat **"Prospea"**, qui se déroule actuellement dans les régions. Les présidents de centre ont été invités par la direction générale à prendre contact avec les directions régionales de l'agriculture et de la forêt pour envisager la participation de la recherche à cette réflexion, qui regroupe les usagers et partenaires de l'enseignement public agricole.

▲ Contact : Sandrine Gélin. Tél. 04 78 87 26 46. Mél. s.gelin@vet-lyonfr

Bien-être animal

Brevet pour un matelas pour vaches

Le logement des vaches laitières dans les régions qui ne disposent pas de paille se fait de plus en plus en logette. Ce sont des cases de 1,20 m de largeur sur 2 m de long dont le sol est en béton.

Matelas pour vache.

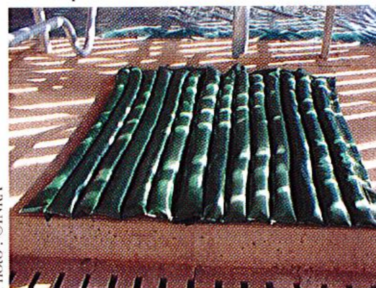


Photo : ©INRA

Pour éviter le contact de la vache avec le béton, plusieurs matériaux ont été utilisés jusqu'à présent : paille broyée, copeaux, sciure et tapis en caoutchouc. Ces différents produits, même s'ils constituent une amélioration par rapport au béton nu, qui est un matériau très agressif, ne permettent pas d'éviter la formation d'escarres sur les membres des animaux.

C'est bien pour améliorer ces conditions de couchage des vaches laitières que, sur proposition de Pierre Le Neindre, le domaine expérimental Le Roc à Orcival a travaillé depuis 1992 sur un projet de matelas pour vaches.

Ce projet a mis du temps à se concrétiser car le produit retenu devait être :

- "adopté" de façon préférentielle par les vaches
- facile à nettoyer et anti-adhérent pour la bouse
- résistant et souple dans la durée.

Le résultat de ces recherches a abouti au dépôt d'un brevet pour un matelas dont le nom est INRAMAT et qui vient d'être présenté au Sommet de l'Élevage.

Il est fabriqué et commercialisé par le Centre d'Aide par le Travail de Rochefort-Montagne.

Des essais complémentaires vont être effectués par Isabelle Veissier au Lycée Agricole de Rochefort-Montagne pour voir s'il est possible, au-delà des mesures de bien-être, de mettre en évidence des variations de la production laitière ou de la qualité du lait en liaison avec ce nouveau type de couchage. *(D'après l'Écho des Puys, n°19, novembre 1999).* ■

Travailler à l'INRA

Prix de thèses 2000

L'Institut Français pour la Nutrition poursuit son aide à la recherche. Ces prix de thèses permettront d'aider un petit nombre de jeunes chercheurs orientés vers la "Nutrition humaine", ayant soutenu leur thèse et réalisant un projet post-doctoral. **Date limite des propositions 16 mai 2000.**

▲ Contact : IFN, 71 av. Victor Hugo, 75116 Paris.



Dessin botanique

Cette formation a été organisée à l'INRA d'Angers et réalisée dans le cadre d'une session de 30 heures par le professeur Martineau (école des Beaux-Arts à Angers).

La démarche : formation générale, de l'étude extérieure à l'étude intérieure de l'objet. Traits et valeurs ; structure des végétaux, coupe, vue d'ensemble, valeurs et couleurs ; moyens spécifiques, traits et taches, simplification des formes.

Ces dessins ont été réalisés par Anne Alais (luzerne, mélilot), Emmanuelle Gérard (haricot), Chantal Guilbot - SNES Angers (famille des *Asteraceae*) (de haut en bas).

Formation

Second Protocole d'accord formation de l'INRA

Modalités d'application

• Le cofinancement des actions de formation est maintenu tel qu'il est décrit dans la note de service 94-26 jusqu'au mois de juin 2000. Pendant ce moratoire, un bilan politique, technique et financier sera effectué dont les résultats permettront d'éclairer les éventuelles décisions d'évolution.

• L'acquisition de diplôme ou de qualification reconnue sera fortement aidée aux plans pédagogique et financier.

• Une aide particulière sera accordée aux départements qui engagent leurs unités à réfléchir sur une autre organisation de l'activité.

• Les projets de formation humaine et personnelle des agents dans une perspective d'intérêt général ou social seront soutenus.

• Des modalités particulières sont décrites pour régler le cas du centre des Antilles, des implantations d'unités excentrées, de l'application "Faciliter une autre organisation de l'activité" (point 1.4 du Protocole d'accord formation), du cas particulier des formations diplômantes, des formations humaines et personnelles et du bilan professionnel. *(Résumé de la note de service n°2000-03 du 17 janvier 2000).*

Erratum

Dans le n° 104, rubrique *Travailler à l'INRA*, l'article de la prévention est signé François Guérin, alors que le bon signataire est **Philippe Label**, chargé de recherches du département Forêt et Milieux naturels à Orléans, à l'unité Amélioration, génétique et physiologie forestières.



Techniques d'analyses biochimiques

École technique de la recherche, 5-9 juin 2000.

Cette formation traitera de l'ensemble des techniques d'analyses biochimiques afin que chaque agent ait une connaissance générale et devienne actif dans le choix de la technique. Formation de 35 heures, composée de cours, TD et TP, encadrée par les professeurs de l'IUT d'Angers. Organisée par le service Formation Permanente d'Angers avec la participation de FormaSciences.

▲ Contacts : Jean-Luc Gaignard ou Christine Templier, FP Angers. Fax 02 41 22 56 05. Mél. gaignard@angers.inra.fr ou templier@angers.inra.fr



Prévention

Quelques précautions pour limiter le risque d'incendie dans les laboratoires

À la suite de la recrudescence des incendies dans les laboratoires (trois si-

INRA Antibes : gerberas.



Photo : C. Slagmulder

nistres importants en deux ans), la Commission Sécurité Incendie de l'INRA a rappelé quelques recommandations, pour l'essentiel d'ordre organisationnel et donc à faible coût financier, qui doivent permettre d'éliminer une part importante des causes d'incendie dans ce type de locaux [1]. Certaines d'entres elles, les plus rapides à mettre en œuvre, sont décrites ici.

• Les **réfrigérateurs** et les **congélateurs** susceptibles de contenir des produits inflammables ou explosibles doivent être sécurisés pour supprimer les sources d'étincelles dues aux thermostats, interrupteurs de porte et parfois ampoules. Cette action de prévention est simple et peu coûteuse à mettre en œuvre ; de nombreux laboratoires de l'INRA l'ont déjà effectuée de façon raisonnée.

• Le **potentiel calorifique** contenu dans les laboratoires doit être limité au strict minimum nécessaire à la conduite des expérimentations :

- en conséquence, seule la quantité de produits chimiques inflammables nécessaire à 1 ou 2 jours de travail peut être entreposée dans les laboratoires, hors armoires de sécurité. Ces armoires peuvent servir de stockage "tampon" en aval des locaux extérieurs de stockage des produits chimiques neufs,
- de même, la quantité de documents "papier" doit être la plus réduite possible, la place de ces documents étant dans les bureaux ou des locaux protégés lorsqu'il s'agit de données importantes.

• Les **portes des laboratoires** doivent être maintenues fermées, tant pour éviter la propagation du feu à tout un bâtiment que pour assurer le bon fonctionnement du système aéraulique de ventilation et de confinement.

• Toute personne admise à travailler dans un laboratoire, stagiaires compris, doit recevoir une **formation** au risque "incendie" adaptée à la situation de ce laboratoire et cela dès sa prise de fonction. Cette formation doit porter au moins sur :

- la connaissance des produits, appareillages ou expérimentations qui présentent un risque d'incendie et les mesures préventives correspondantes,
- les dispositifs d'alarme et la procédure d'alerte,
- la manipulation d'extincteurs,
- les consignes d'arrêt et de mise en sécurité des installations et d'évacuation.

• Aucune expérimentation présentant un risque spécifique d'incendie ne doit être conduite par une **personne isolée**. De plus, il convient de garder à l'esprit que les départs de feu qui se produisent en dehors des **heures de travail habituelles** ont toute probabilité d'être découverts trop tard. L'incendie a alors le temps de se propager et devient de ce fait difficile à maîtriser. Tous les incendies graves qui se sont produits ces dernières années à l'INRA ont eu lieu dans ces conditions.

François Guérin,
Michel Méot, Christophe Metge,
La commission Incendie de l'INRA. ■



Photo : A. Beguey - Tours

Retraités

Si vous désirez continuer à recevoir "l'INRA mensuel" après votre départ à la retraite, faites le nous savoir en indiquant à nouveau votre adresse même si celle-ci n'a pas changé.

Les retraités destinataires d'INRA mensuel sont aujourd'hui 745.
Afin de rendre plus vivantes nos relations avec eux, déjà constituées de lettres ou d'appels téléphoniques, nous proposons que Raditja Ilami Langlade soit leur porte-parole au comité de lecture.
À l'INRA, en Génétique et Amélioration des Plantes à Versailles depuis 1958, elle avait rejoint Jacqueline Nioré à la photothèque de l'INRA et participait déjà au comité de lecture.
Elle est en retraite depuis juillet de cette année.
Vous pouvez lui écrire à : INRA DIC, 147 rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07.

[1] Note 179/FG/JW/99 du 16 septembre 1999.

Les insectes, un monde si proche et si étrange*…

Nature

Environ 850 000 espèces d'insectes sont décrites, identifiées et répertoriées tant dans les collections des musées d'histoire naturelle que dans celles d'entomologistes, professionnels ou amateurs. Pourtant on sait que le monde des insectes est encore beaucoup plus riche, le nombre de leurs espèces dépassant vraisemblablement les 2 millions, 5 millions ou même plus avancent certains spécialistes ! On dénombre aujourd'hui par exemple plus de 300 000 espèces de Coléoptères, dont environ 5 000 espèces de Coccinelles.

Il est difficile de se représenter une telle diversité de formes et de couleurs, qui regroupe pourtant environ les deux-tiers des espèces animales connues. Ce monde est si divers et nos moyens pour l'appréhender si modestes : ainsi il disparaît chaque année plus d'espèces d'insectes qu'il n'en est décrit de nouvelles. Des niches écologiques inexplorées nous ont pourtant été rendues récemment accessibles grâce aux progrès de la technique. C'est le cas des houppiers, jusqu'alors inaccessibles, des grands arbres de la forêt guyanaise, grâce à l'expédition baptisée "radeau des cîmes". L'importance des découvertes qu'y ont faites botanistes et zoologistes n'a pas manqué d'attirer, une fois encore, notre attention sur notre connaissance bien incomplète de notre planète.

* D'après une conférence de l'auteur, actualisée en mars 2000, faite dans le cadre des journées "portes ouvertes" au grand public du centre de Montpellier à St Christol-lez-Alès en 1995, et à la Maison départementale de l'environnement de l'Hérault à Prades-le-Lez en 1996.

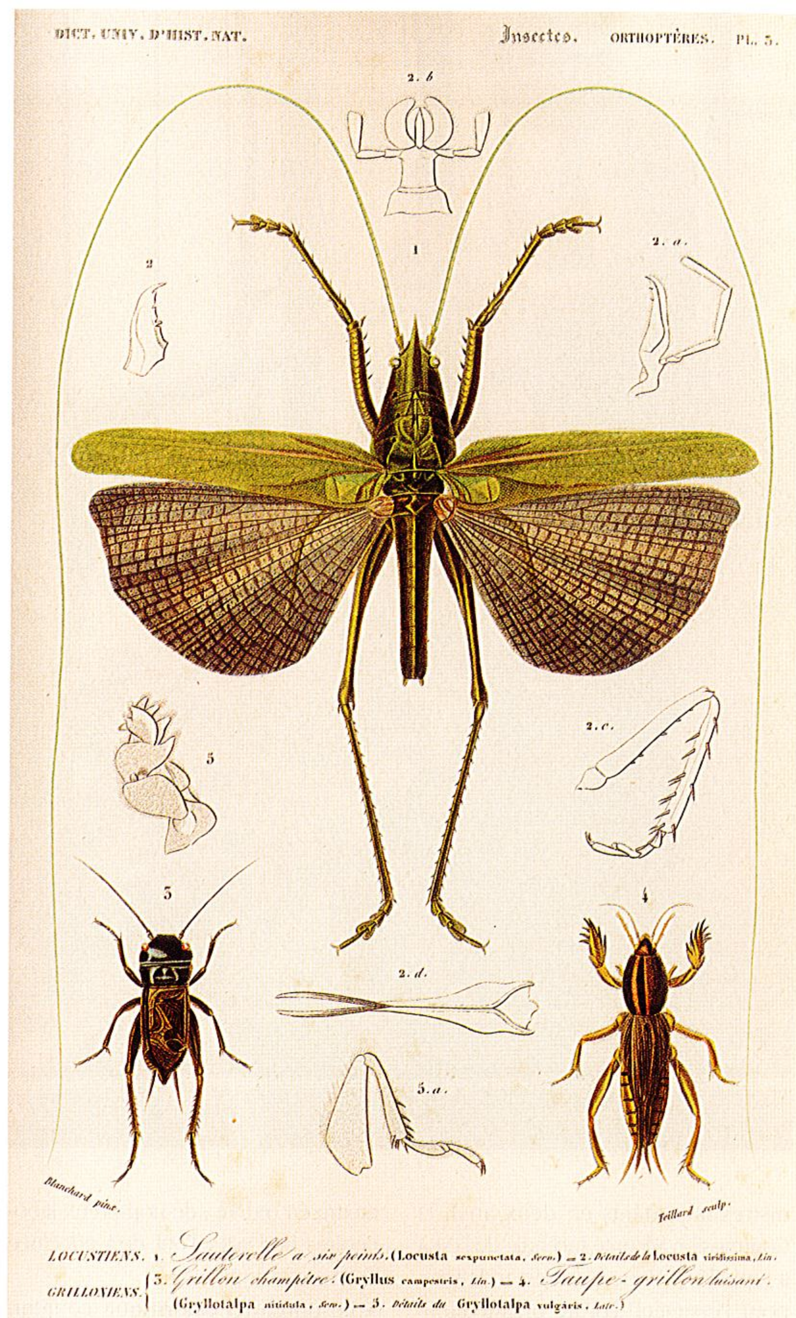


Planche ancienne : ► Charles d'Orbigny. Dictionnaire Universel d'Histoire Naturelle, Atlas 2e éd., zoologie, tome II. Paris, Éd. Abel Pilon, 1850. (Bibliothèque INRA).

Il y a environ 250 millions d'années que les insectes ont commencé à coloniser la Terre, en même temps que l'explosion végétale de la grande forêt tropicale du carbonifère, bien avant donc les dinosaures de l'ère secondaire et assurément bien avant l'apparition de l'homme, dont les ancêtres ont au plus quelque 40 000 années ! Ils ont proliféré dans tous les milieux, mais plus particulièrement dans les airs car ils s'avèrent être généralement de bons voiliers. Il n'est donc pas étonnant que l'homme les ait souvent rencontrés sur son chemin.

Suivant les situations, ils sont pour nous des concurrents, des adversaires ou des partenaires, au point que la tradition populaire, les contes, fables et légendes, l'expression quotidienne même, leur accordent une place permanente dans notre société. Cette cohabitation est si habituelle que souvent elle passe inaperçue. Nos fantasmes et nos angoisses, savamment exploités par les médias, leur attribuent pourtant une importance particulière au travers de la représentation terrifiante de formes extra-terrestres, ou encore de scénarios "catastrophe" livrant par exemple la Terre aux Abeilles tueuses ! Chacun, d'ailleurs, peut se livrer un instant au jeu qui consiste à rechercher dans les quotidiens, les hebdomadaires, les programmes de télévision et de spectacles, tout ce qui se rapporte, consciemment ou non, au monde des insectes, et constater ainsi combien ces animaux font effectivement partie de notre quotidien. C'est d'ailleurs pourquoi certains se risquent à affirmer que la terre serait plutôt la planète des insectes que celle des hommes ! Il est vrai que les

capacités de développement et d'adaptation de ce "petit" monde sont vraisemblablement de nature à lui permettre de survivre à une éventuelle folie des hommes.

une organisation restée primitive...

Il s'agit pourtant d'animaux ayant une organisation assez rustique, exploitant des mécanismes le plus souvent simples. Ces caractéristiques expliquent sans doute que les insectes aient pu persister sur terre depuis aussi longtemps, alors que la faune et la flore originelles ont été décimées par des accidents géologiques de grande envergure. Certes, les insectes du vingtième siècle sont de lointains descendants de ceux de l'ère primaire, encore que certains d'entre eux, tels les blattes, soient vraisemblablement assez proches de leurs ancêtres. En fait, on ne détient pas de fossiles de ces animaux, tout au plus des empreintes, qui nous permettent d'imaginer de grandes libellules, d'une envergure atteignant 80 centimètres, volant silencieusement dans la forêt primitive... Les insectes emprisonnés dans l'ambre, qui font le bonheur des paléontologistes, sont beaucoup plus récents, puisque datés de l'oligocène, soit de la deuxième période de l'ère tertiaire, hier en somme à l'échelle géologique !

Mues et métamorphose

Ce sont des animaux de petite taille, quelquefois minuscules, à corps segmenté, portant des appendices pairs et articulés : antennes, pièces buccales, pattes et ailes. Cette segmentation permet d'identifier les trois parties de leur corps : la tête, portant antennes, yeux simples et composés, pièces buccales ; le thorax avec ses trois paires de pattes et ses deux paires d'ailes, parfois réduites à de minuscules balanciers ; l'abdomen avec ses armatures génitales parfois bien développées.

Ils appartiennent à l'embranchement des invertébrés. Ils ne disposent donc pas de squelette interne, celui-ci étant remplacé par un tégument rigide, parfois dénommé squelette externe, sur lequel s'insèrent les muscles. Du fait de cette armure articulée, leur croissance est apparemment discontinue, puisqu'il faut rompre ce corset rigide quand le corps s'accroît, quitte à reconstituer au plus vite une nouvelle armure aux nouvelles dimensions. C'est le phénomène des mues larvaires, de nombre variable entre l'œuf et l'adulte suivant les espèces. Chez le doryphore par exemple, on dénombre trois stades larvaires entrecoupés de telles mues, avant la nymphose qui donnera naissance à l'imago ou insecte parfait, doué des capacités de reproduction. Chez la Processionnaire du pin, les chenilles passent successivement par cinq stades larvaires entrecoupés de mues larvaires, avant la chrysalidation dans le sol qui donne naissance au papillon.

Il y a donc une véritable métamorphose du jeune à l'adulte, au point qu'il est souvent délicat d'identifier une espèce d'après ses seuls caractères larvaires, qui sont généralement très différents des caractères de l'adulte. Alors que nous reconnaissons bien la coccinelle, la plupart d'entre nous ignorent sans doute que sa larve a l'allure et la férocité (pour les pucerons !) d'un minuscule saurien. C'est seulement chez les espèces relativement primitives, comme les blattes, grillons et criquets, que les larves sont munies des attributs réduits des adultes, comme des ébauches alaires externes. On parle dans ce cas de métamorphose incomplète.

Une des caractéristiques physiologiques majeures des insectes tient à l'absence de régulation thermique interne. Ils sont donc très dépendants des conditions climatiques. C'est pourquoi ils pullulent dans les régions chaudes où il n'est pas rare de voir se succéder les générations au rythme d'une par mois. L'effet de serre, auquel est actuellement soumise notre planète, est ainsi de nature à provoquer une expansion inattendue des insectes, même à la suite d'un réchauffement des températures moyennes de 1 à 2° C.

... associée à une grande capacité d'adaptation

Des régimes alimentaires très variés

L'extrême diversité des espèces évoquée ci-dessus s'accompagne d'une forte diversité des formes et des régimes alimentaires. Les insectes peuvent ainsi exploiter les ressources les plus variées. Phytophages le plus généralement, ils se répartissent en espèces à pièces buccales de type broyeur (le criquet par exemple), de type piqueur-suceur (la cigale, le puceron), de type suceur (le papillon) ou même suceur-lécheur (la mouche). Les mêmes appendices ont évolué suivant des formes très différentes (de la trompe du papillon aux mandibules acérées des termites) pour exploiter au mieux des ressources nutritives de natures différentes.

Certains insectes sont omnivores, tels la guêpe, d'autres carnivores comme la coccinelle, ou encore mieux ont des régimes alimentaires très spécialisés : suceurs de sang ou hématophages comme le moustique femelle, coprophages comme le bousier, détritiphages comme les minuscules collemboles du sol... ce qui implique, au-delà de la seule spécialisation anatomique des pièces buccales, une non moins forte adaptation du système digestif et de son équipement enzymatique. On retiendra en outre que la larve a souvent un régime alimentaire différent de celui de l'adulte ; ce qui permet à une même espèce d'exploiter en un même lieu des chaînes trophiques différentes. Ainsi la larve de la Cétoine dorée est détritiphage, vivant dans les composts, alors que

À propos d'une illustration de l'article sur la "Lutte biologique contre la Cochenille de l'hibiscus en Guadeloupe" du n°102, p. 4, l'image de la larve de coccinelle a paru à l'un des lecteurs, Jean-Pierre André, ressembler beaucoup à la cochenille. Il s'est donc adressé à un spécialiste de la coccinelle, Gabriel Iperti d'INRA Antibes : "La cochenille produit des filaments de cire par des pores de sa peau, ce qui lui fait une couverture protectrice. Eh bien figurez-vous que la larve de coccinelle, qui mange toute la bête, y compris sa couche de cire, élimine ce produit non comestible, également par des pores de sa peau ! D'où ces excroissances blanches symétriques, qui sont de même nature, sinon de même forme que celles de la cochenille".

Hemiptera Aleurodidae mâle (1 mm d'envergure). Origine : éocene basal, 53 millions d'années, Oise.



Photo : ©Groupe Ambre, Muséum National d'Histoire Naturelle.

Bousier poussant sa boulette à reculons. Désert de Thar, Rajasthan, Inde.



Photo : C. Madzac

l'adulte est floricole et se nourrit de pollen.

Cette grande diversité des régimes alimentaires autorise l'exploitation d'une même niche écologique par un grand nombre d'espèces. Ainsi, un seul chêne peut héberger plusieurs centaines d'espèces d'insectes, qui s'attaquent à ses radicelles ou à son tronc, d'autres encore à ses bourgeons, à ses feuilles ou à ses glands.

Des capacités physiologiques hors du commun

Chacun de ces petits animaux est en outre le plus souvent doué de capacités physiques étonnantes, généralement très supérieures à celles de nos meilleurs athlètes, toutes proportions gardées. Le saut de la puce, par exemple, est de l'ordre de 100 fois sa taille ; un système original de mise sous tension des muscles alaires permet, par un phénomène de résonance, des battements d'ailes à des fréquences extrêmes, de l'ordre de 200 à 1 000 battements par seconde chez les voiliers les plus performants ; l'oxygénation directe des muscles par un système respiratoire pourtant rudimentaire assure des rendements énergétiques de haut niveau ; la présence d'antigel dans le sang permet la survie à des températures inférieures au point de congélation...

Comme il a déjà été évoqué, les insectes sont très dépendants des conditions physiques de leur environnement, faute de posséder un système interne de régulation thermique. Pourtant ils peuvent échapper à des conditions défavorables, soit par arrêt de leur développement, soit encore en quittant les territoires qui leur sont devenus hostiles. La diapause est un arrêt de développement programmé génétiquement, qui permet à une fraction de la population de ne reprendre une activité normale qu'après un délai pouvant atteindre de une à plusieurs années. La chenille processionnaire du pin exploite ce procédé pour assurer la pérennité de l'espèce en programmant chaque année des fractions de sa population pour entrer en arrêt de développement pendant 1, 2 ou 3 ans. L'éclosion des papillons, au début de l'été, réunit donc des individus appartenant à 4 générations différentes, celle de l'année ainsi que celles des 3 années précédentes. Outre l'avantage d'assurer ainsi la survie de l'espèce, dans l'hypothèse où une année particulière aurait été particulièrement défavorable, ce mécanisme permet un brassage génétique évitant les phénomènes de consanguinité.

La quiescence est une autre forme d'arrêt de développement qui est levée dès que les conditions climatiques sont redevenues favorables au développement de l'insecte. C'est sous cette forme quiescente qu'hivernent la plupart des espèces de nos régions tempérées. Sous des climats tropicaux, caractérisés par l'alternance de périodes sèches et humides, c'est le retour de la saison des pluies qui permet la levée de ce type d'arrêt de développement.

Il reste encore à certaines espèces, qualifiées de "bons voiliers", la possibilité de fuir les territoires devenus défavorables par une migration massive des formes ailées. C'est par exemple le cas des papillons de nuit *Noctuidae* qui migrent d'Afrique du nord vers l'Europe méridionale et réciproquement, au rythme des saisons. Ces vols sont suffisamment groupés pour pouvoir être observés en se postant, en montagne, à certains cols bien connus des naturalistes.

L'une des raisons majeures de la réussite des insectes tient bien sûr à leur remarquable potentiel reproducteur. Fondamentalement sexuée, leur reproduction peut être occasionnellement de type parthénogénétique, défini comme le développement d'un individu à partir d'un œuf non fécondé. L'alternance de la reproduction biparentale et de la reproduction parthénogénétique est particulièrement observée chez les pucerons. Certaines espèces associent ainsi les avantages de ces deux types de reproduction : accroissement rapide des populations par parthénogénèse et brassage génétique par reproduction sexuée. Un phénomène original de polyembryonnie se manifeste en outre chez les Hyménoptères parasites, favorisant également la multiplication des espèces.

À suivre•••

Pierre Ferron,
Président honoraire du CILBA, Complexe international de lutte biologique Agropolis, Montpellier. ■

L'INRA et l'international

Le Point

En l'espace de quelques années, l'INRA, qui fut longtemps considéré comme un organisme très hexagonal, s'est ouvert à l'international, en nouant tout d'abord des relations à un niveau personnel ou institutionnel, puis en s'intégrant peu à peu dans une logique de partenariat et de projets communs. Cette ouverture apparaît cependant encore insuffisante et les actions internationales de l'INRA n'ont pas atteint le niveau que l'on pourrait attendre de la part d'un organisme aussi important.
La présentation de l'état de ces relations et de leur évolution possible est issue d'une réflexion portant sur la situation actuelle de nos coopérations, l'analyse rapide des politiques de nos principaux partenaires/concurrents et d'options stratégiques tenant compte autant de nos politiques scientifiques que des incitations suscitées de l'extérieur, en particulier par nos ministères de tutelle.

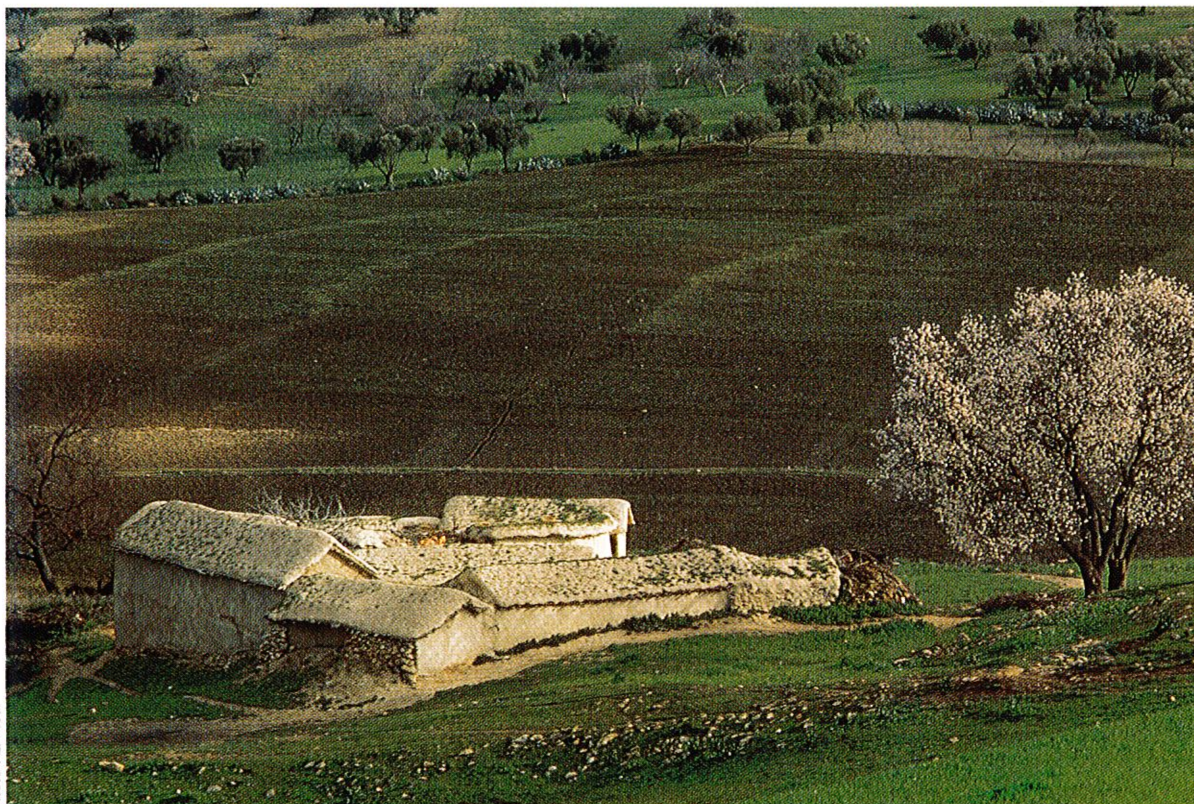


Photo : L. Vidal

Ferme aux environs de Fez (Maroc).

État de nos coopérations

Sur un plan général, l'examen brut des données relatives aux relations que nos équipes scientifiques entretiennent avec des partenaires étrangers montre une grande diversité de ces relations :
• 4500 missions à l'étranger en moyenne dans plus de 100 pays ;
• accueil de 750 à 800 boursiers provenant de 85 pays différents ;
• environ 80 scientifiques de l'INRA envoyés en séjour longue durée chaque année à l'étranger.
Nous ne pouvons qu'en être satisfaits, tant pour le renom de l'Institut que pour la capacité de nos scientifiques à exercer hors de leurs laboratoires, mais on peut parfois se poser des questions au vu de certaines coopérations : pourquoi, par exemple, les stagiaires provenant du Soudan en 1997-1998 sont-ils aussi nombreux (2ème en Afrique).
On remarque aussi, qu'en dehors de l'espace européen, il n'existe que très peu de projets de coopération significatifs à l'échelle de l'établissement, la plupart des projets ne faisant intervenir que 1 ou 2 chercheurs de l'INRA.
Il faut enfin souligner le développement important de réseaux de coopération auxquels participe l'INRA soit qu'il les ait créés comme les Groupes de Recherche Agronomique Méditerranéens (GRAM) en Méditerranée, soit qu'il partage leurs objectifs comme par exemple les réseaux soutenus par l'Union Européenne.

L'analyse plus détaillée des indicateurs déjà disponibles (missions, accueils de boursiers, séjours longue durée à l'étranger, projets européens) nous apporte quelques éléments de réflexion.

• Missions à l'étranger

La répartition des missions à l'étranger reflète assez bien la priorité donnée par l'établissement aux relations avec nos

partenaires européens, qui représentent 70% des missions. Il est intéressant de noter que le premier pays visité est, de très loin, la Grande-Bretagne, avec presque 20% des missions en Europe. En dehors de l'Europe et de l'Amérique du Nord, on peut également remarquer l'accroissement de nos missions vers les Pays d'Europe Centrale et Orientale (PECO), en particulier grâce à un financement important du ministère des Affaires Étrangères.
L'analyse de la typologie des déplacements est également intéressante. Nous y trouvons deux masses importantes : les participations à des congrès (33%) et à des réunions de travail (28%). En revanche les missions dues à des travaux de recherche conjoints sont beaucoup moins importantes (15%) et celles liées à des expertises très faibles (3%, dont la très grande majorité pour l'évaluation de travaux de recherche) : pour un organisme de recherche finalisée disposant d'une expertise reconnue, cette situation peut nous interpeller.

• **Accueils de boursiers et de stagiaires étrangers**
Les accueils de boursiers étrangers en revanche sont très concentrés vers les pays méditerranéens, tant européens que pays tiers, qui représentent 43% des stagiaires étrangers reçus à l'INRA, dont 36% de la Méditerranée occidentale. On peut ainsi estimer que l'INRA joue un rôle non négligeable dans les transferts de connaissances et de technologies vers ces pays ; ce qui s'inscrit d'ailleurs dans des priorités politiques tant de la France que de l'Union européenne. La mise en place de réseaux comme les GRAM permet de maintenir les liens existants avec les personnes ainsi accueillies, mais il est peut-être envisageable d'accroître la mobilisation de ces ressources humaines, en maintenant des relations plus suivies avec elles et en les impliquant éventuellement dans des projets communs plus nombreux et plus importants.

• **Séjours de longue durée à l'étranger**
L'analyse des séjours de longue durée à l'étranger appelle plusieurs questions. Tout d'abord, bien que leur nombre soit en diminution entre 97 et 98, l'importance des séjours en Amérique du Nord reste prépondérante (56% en 97, 41% en 98), alors que les séjours en Europe restent constants (environ 1/3), et plus faibles en nombre, comme en durée. En 98, la baisse des séjours en Amérique du Nord a été compensée par l'augmentation de ceux dans la région Pacifique ; ce qui, en soi, montre l'importance sur le plan scientifique que prend cette région. D'autre part, l'INRA ne fait que très peu appel aux dispositifs européens pour ces séjours (1 ou 2 par an), mais utilise davantage le budget propre de l'établissement ! L'affichage de coopérations prioritaires avec nos partenaires européens ne se concrétise donc pas dans ces échanges. En revanche, de nombreux thésards ou post-doc européens que nous recevons sont des boursiers de l'Union européenne.

• **Projets européens**
En ce qui concerne nos projets de coopération dans le cadre européen, l'INRA a amélioré sa présence au sein des **projets financés par le PCRDT** (Programme Cadre de Recherche et Développement Technologique), avec par exemple une participation à 102 projets à la suite des 4 premiers appels d'offres FAIR (Agriculture et Agro-alimentaire), sur 208 à participation française. Le **retour financier** est maintenant de l'ordre de 60 à 70 MF par an, soit 1,7% de notre budget.
Il faut cependant rapprocher ces chiffres de ceux de nos principaux partenaires, de Grande-Bretagne (235 projets FAIR) et des Pays-Bas (143 projets) : le financement des instituts soutenus par le BBSRC (Biotechnology and Biological Sciences Research Council), par exemple, est pour 4 à 15% d'origine européenne, avec une moyenne globale de l'ordre de 6 à 7%.
Si nous prenons comme objectif la moyenne de financement de la recherche européenne par Bruxelles, soit 4%, nous avons encore une marge de progrès !
En ce qui concerne nos **partenariats**, les deux-tiers de ces projets comportaient au moins un partenaire britannique, 45% un partenaire espagnol et 40% un partenaire hollandais (ce qui justifie le nombre important des échanges avec ces pays).

Grandes lignes de politique internationale de nos partenaires

Il est intéressant à ce stade de la réflexion de s'interroger sur les priorités retenues par nos principaux partenaires/concurrents : Grande-Bretagne, Pays-Bas, États-Unis et Canada.

• **Grande-Bretagne**
En Grande-Bretagne, le BBSRC s'est délibérément tourné vers l'international et a défini pour son plan stratégique 1996-2000, 3 priorités :
• maximiser la participation des équipes britanniques aux programmes du PCRDT, en participant pleinement à la définition du 5ème PCRDT et en y intégrant les priorités de recherche du BBSRC ;
• influencer la politique de recherche internationale, en particulier au niveau des contenus des programmes et de la distribution des crédits, au bénéfice du BBSRC ;
• accroître la position internationale du BBSRC à travers l'action du British Council et des ambassades.

• **Pays-Bas**
Aux Pays-Bas, la fusion enseignement-recherche au sein du WUR (Wageningen University and Research Center) a été décidée non seulement pour accroître la capacité de recherche agronomique et biotechnologique, mais aussi dans un but clairement affiché de rayonnement international. Dans ce sens, il est d'ailleurs prévu que l'IAC (Interna-


Photo : L. Vidal


Photo : C. Madzak

À gauche : point d'eau aux environs de Rabat (Maroc). À droite : buffles domestiques dans la région de Guilin (Chine du Sud).

tional Agriculture Center, sorte de CIRAD hollandais), basé lui aussi à Wageningen, rejoigne l'ensemble. Un lobbying très fort a été aussi exercé à Bruxelles, avec un plein succès puisqu'officiellement les Hollandais estiment que le 5ème PCRDT reflète bien l'ensemble de leurs priorités.

• **Canada**

Au Canada, la stratégie des services de recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada n'est pas directement orientée vers l'international. Cet aspect est décliné suivant 3 chapitres :
• le développement de coopérations bilatérales ciblées sur des sujets prioritaires et l'association aux programmes communautaires ;
• l'appui aux projets financés par l'agence de coopération canadienne (CIDA), sous forme de prêt de personnel et d'assistance technique ;
• l'implication dans le dispositif du CGIAR, aussi bien sur le plan scientifique que financier.

• **États-Unis**

Aux États-Unis, le rapprochement des universités et des centres de recherche privés est autant orienté vers des actions internationales que des programmes nationaux. Ceci permet aussi de pouvoir attirer un certain nombre de compétences étrangères sur des programmes publics liés à des intérêts privés, sans que cette liaison soit trop apparente. Une telle stratégie est également discernable dans des pays tels que le Canada ou le Japon.

Définition de nos priorités

La définition de nos priorités en matière de coopération internationale doit tenir compte de 3 éléments : **l'intérêt scientifique, l'impact politique et économique et le retour financier**. Si le premier élément est primordial pour un institut de recherche, les deux autres ne peuvent être ignorés s'agissant d'un établissement public de la taille de l'INRA.

Le renforcement de notre présence au sein des **programmes européens**, par exemple, relève de l'ensemble de ces 3 critères : un intérêt scientifique lié à la qualité des équipes partenaires et à leurs possibilités, une obligation politique du fait de l'importance de la France dans le secteur agro-alimentaire en Europe, et un retour financier qui commence à être appréciable, comme nous l'avons vu.

Les priorités vis-à-vis des pays tiers sont parfois moins évidentes.

Les coopérations avec les **pays circumeuropéens** PECO rejoignent progressivement celles de l'ensemble communautaire, non seulement pour des raisons politiques, mais aussi du fait de la qualité croissante des équipes scientifiques et de la possibilité de mobiliser des moyens financiers conséquents, soit au niveau national (le budget de la recherche atteint 1% du budget de l'État et 0,5% du PIB dans l'ensemble des pays maghrébins, par exemple), soit au niveau communautaire, soit encore par un rapprochement avec des partenaires industriels.

Les coopérations avec les **grands pays développés** relèvent surtout de l'intérêt scientifique, et si elles doivent être maintenues, voire développées dans certains secteurs, ceci doit être analysé en terme de coût/bénéfice, comme le font d'ailleurs ces partenaires, en ne soutenant que des projets prioritaires pour l'INRA. Les réunions que nous avons avec Agriculture Canada, avec le Conseil de Recherche du ministère japonais de l'Agriculture ou avec les universités américaines relèvent de cette approche. Il serait également important d'évaluer l'intérêt de nos séjours longue durée dans ces pays, ne serait-ce que pour l'investissement que cela représente : nous finançons un équivalent de 20 chercheurs de l'INRA en permanence dans les laboratoires américains, par exemple.

Un autre ensemble de pays politiquement importants est constitué par **les grands pays en émergence à forte vocation agricole et agro-alimentaire**, d'Asie (Chine ou Inde) et d'Amérique latine (Brésil, Argentine, Mexique). Outre l'intérêt scientifique que peuvent offrir ces pays par exemple en terme de ressources génétiques ou de terrain d'études, il serait difficilement admissible que l'INRA, considéré comme l'un des organismes les plus importants dans le monde, ne puisse mener des projets conjoints au moins avec les pays de la zone tempérée, ou sur des thématiques offrant un intérêt commun. Cette action relève donc aussi de l'intérêt (et de la demande) politique de nos gouvernements, pour assurer un soutien à la pénétration française dans ces régions. Un choix doit cependant s'imposer, en tenant compte des autres partenaires français (CIRAD, en particulier), de nos compétences et de nos capacités.

Une dernière région prioritaire, bien qu'à un niveau plus restreint, est constituée par **les pays de la région Caraïbes** avoisinant notre principale implantation outre-mer, dont la vocation est de poursuivre des recherches non seulement pour le bénéfice des départements des Antilles et de la Guyane, mais aussi pour contribuer à la coopération

régionale. C'est dans ce sens que l'on ne peut que soutenir une ouverture vers des pays tels que Trinidad ou Cuba, à partir de la Guadeloupe. Ceci permet de faire rayonner une présence scientifique française, et éventuellement de développer des projets de plus grande ampleur grâce à un apport de ces pays en hommes et en terrain d'études, soutenus par des financements bilatéraux ou européens.

Programme d'actions pour 1999-2003

En fonction des orientations présentées ci-dessus, les actions prioritaires retenues pour 1999-2003 sont les suivantes :

• Renforcement de l'organisation de l'INRA vis-à-vis du PCRDT

Les changements en cours du 5ème PCRDT [1] tant dans la structure et les thèmes, que dans les critères d'éligibilité des propositions représentent une coupure totale par rapport aux PCRDT précédents. Les points essentiels d'évolution du PCRDT au niveau des propositions, rappelons-le, sont :

- un argumentaire non plus seulement scientifique, mais replaçant la proposition dans un contexte socio-économique, voire politique ;
- une très forte multidisciplinarité exigée au niveau de chaque proposition, faisant intervenir plusieurs disciplines et incluant des volets tels que les aspects socio-économiques ou les schémas de valorisation des résultats, presqu'au même niveau que la base scientifique de la proposition ;
- la nécessité d'intégrer des partenaires industriels ;
- le choix d'un financement à coûts partagés, et non plus en coûts marginaux.

Une telle évolution exige d'une part que nous informions et plus encore que nous formions au mieux nos équipes et en particulier les coordonnateurs de projets sur ces exigences et sur les moyens d'y répondre. D'autre part, il apparaît nécessaire que nous les allégions des aspects administratifs et financiers, en mobilisant, pour les traiter, des compétences au niveau des centres. L'ampleur de chaque proposition et le travail de préparation qui doit être fourni va également entraîner un besoin de sélectivité initiale plus forte : on ne pourra plus se permettre de voir autant de propositions hors-sujet, comme ceci a été le cas pour le dernier appel d'offres de FAIR par exemple.

Afin d'assurer à nos équipes scientifiques les meilleures chances de succès, une coopération étroite est donc en train de s'établir (sans que cette liste soit exhaustive !) entre :

- la DRI, chargée de rassembler, traiter et diffuser les informations
- les présidents et secrétaires généraux de centres qui prennent progressivement en charge l'instruction et le suivi administratif et financier des projets
- les chefs de département qui peuvent apporter un avis scientifique pour guider et orienter les propositions
- la DRIV pour essayer d'identifier un certain nombre de partenaires privés en particulier dans le secteur des PME
- la DIPAJ pour apporter son soutien dans le domaine délicat des contrats de consortium, des futurs clusters [2]...
- la DPF pour les aspects financiers liés à la présentation des coûts globaux.

Un autre aspect de cette participation aux programmes européens concerne les partenaires de l'Union européenne qui ont vocation à la rejoindre à terme. Une attention particulière sera ainsi portée aux pays circumeuropéens, méditerranéens et PECO, en soutenant des actions mieux structurées vis-à-vis des PECO (tant en terme de projets scientifiques, que de participation à des actions de plus grande envergure en partenariat avec l'industrie) et en nous appuyant sur nos actions bilatérales et sur les réseaux mis en place par l'INRA en Méditerranée, les GRAM.

• Organisation de nos coopérations avec l'ensemble méditerranéen

La Méditerranée est pour l'INRA un espace historique de coopération puisqu'il a contribué à la fondation de nombreux instituts de recherche des pays de la région et les a souvent aidés dans leur développement. Par la suite, notre Institut y a concentré un nombre important de programmes et de projets de recherche, en particulier dans le domaine végétal, celui de l'environnement et celui de la socio-économie.

L'INRA possède des atouts importants qui lui permettent d'envisager une politique plus ambitieuse dans cet espace en rapide et profonde mutation où les enjeux sont importants :

• la présence de nombreux scientifiques ou enseignants-chercheurs formés en France et principalement à l'INRA :

- chaque année l'INRA accueille 150 boursiers des pays du Maghreb, et ce flux dure depuis près de 20 ans. Le nombre de boursiers provenant des pays méditerranéens de l'Union Européenne est sensiblement équivalent,
- la Syrie dispose actuellement de 150 enseignants-chercheurs en agronomie, formés en France, pour la plupart à l'INRA,
- le Liban reconstruit progressivement l'IRAL (Institut de Recherche Agronomique du Liban) par un apport de jeunes chercheurs formés notamment grâce au DEA mis en place conjointement par l'INA-PG, l'INRA et l'université libanaise,
- une part importante des chercheurs du NAGREF (National Agriculture Research Foundation) grec et des enseignants-chercheurs des universités agronomiques grecques

[1] *INRA mensuel* n°101, juin-juillet 1999.

[2] Regroupement de projets.



Photo : B. Vissac

Repiquage du riz (Chine).

ont été formés par l'INRA. Dans une moindre mesure, cette observation peut être étendue à l'INIA (Instituto Nacional de Investigacion y Tecnologia Agraria y Alimentaria) espagnol,

• le nombre important de chercheurs de l'INRA qui ont déjà eu des relations avec des partenaires méditerranéens, qui ont fait des séjours dans les pays concernés, ou qui ont déjà mené des projets conjoints (en particulier au sein des programmes de l'Union Européenne) ;

• la similitude des priorités affichées par les pays méditerranéens avec celles de l'INRA en matière de domaines et d'objectifs de recherche, même si les projets de recherche de ces pays se situent souvent plus en aval que ceux de l'INRA. La naissance des réseaux GRAM dans les années 90 est une illustration de cette réalité ;

• l'accroissement des moyens financiers propres de ces pays, qui permettent à leurs équipes de disposer d'équipements et d'infrastructures souvent proches de ceux de l'INRA.

À côté de ces atouts, doivent s'analyser les enjeux pour notre Institut : enjeux scientifiques (champ de recherche commun), enjeux politiques (priorité affichée au niveau français et européen) et enjeux économiques (ouverture d'un marché euro-méditerranée en 2010).

La Méditerranée doit donc devenir un des espaces prioritaires de coopération pour l'INRA et une réflexion est en cours pour définir les domaines et les procédures que nous pourrions favoriser dans les années à venir.

• Développement de projets avec des pays en émergence

Parmi les grands pays à forte vocation agricole ou agro-alimentaire dans le monde, nous en retenons trois en première priorité : Chine, Brésil et Argentine.

Nous n'avons pas retenu des pays tels que l'Inde, situé exclusivement en zone tropicale et avec lequel nous n'entretenons que des relations très sporadiques.

Chine : la mission d'identification menée en avril 98 a permis de se rendre compte de l'importance pour l'INRA des coopérations envisageables avec la Chine. Du fait de l'étendue de ce pays, un choix de domaines prioritaires effectué sur des critères scientifiques ou socio-économiques a été fait. Il a abouti à la sélection de 7 premiers thèmes prioritaires :
• filière blé
• étude de la consommation alimentaire, application à grande échelle de techniques telles que la télédétection, valorisation des déchets agricoles
• développement de la viti-viniculture, amélioration de la qualité des produits laitiers
• valorisation des productions arboricoles.
Deux nouveaux thèmes s'ouvrent en 1999-2000 :
• pathologie des agrumes
• hydrobiologie-aquaculture (la Chine représente 40% de la production aquacole mondiale, soit près de 20 millions de tonnes).

L'INRA ne doit pas en rester là, et le besoin d'informations et de contacts avec ce pays a entraîné la décision d'ouvrir

un bureau permanent de représentation et de liaison à Pékin, en partenariat avec le CIRAD, bureau qui est devenu opérationnel le 1er juillet 1999 [3].

[3] *INRA mensuel* n°101, juin-juillet et n°103, janvier 2000.

[4] Voir *INRA mensuel* n°98, août-sept. 1998 "La recherche agronomique internationale : le GCRAI".

Brésil : à l'échelle du continent sud-américain, le Brésil joue un peu le rôle de la Chine ou de l'Inde en Asie. L'INRA a signé avec son équivalent brésilien, l'EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria), un accord de coopération resté jusqu'ici peu utilisé. Le Brésil dispose cependant d'équipes scientifiques compétentes, de moyens financiers et techniques et présente des thématiques proches des nôtres, au moins dans les régions du centre-est et du sud (grandes cultures, agrumes, fruits et légumes, viti-viniculture, élevage). Un rapprochement en cours avec le CIRAD et l'utilisation de la plate-forme d'accueil de Montpellier devraient permettre de relancer cette coopération, fortement encouragée par les autorités françaises.

Argentine : celle-ci représente aussi un fort potentiel en matière de développement agricole, en particulier en matière animale. Les départements scientifiques de l'INRA ont toujours souhaité ouvrir des coopérations suivies avec ce pays, sur des thématiques complémentaires (extensification et intensification de l'élevage, par exemple). Ceci explique qu'une aide assez conséquente ait été accordée à l'INRA par le ministère des Affaires Étrangères, mais un relais doit être maintenant trouvé, en particulier auprès de l'Union européenne.

Mexique : celui-ci dispose de structures de recherche de niveau international dans quelques-unes de ses grandes universités, en particulier à l'université autonome de Mexico (UAM) et au Colegio de Post Graduados en Ciencias Agricolas. Avec l'UAM, une coopération très prometteuse, tant par le thème (champignons filamenteux pour la valorisation des déchets agricoles) que par le schéma régional mis en place (réseau latino-américain, à partir de cette coopération bilatérale), a été lancée avec succès grâce au séjour longue durée du responsable de ces recherches à l'INRA, Marcel Asther.

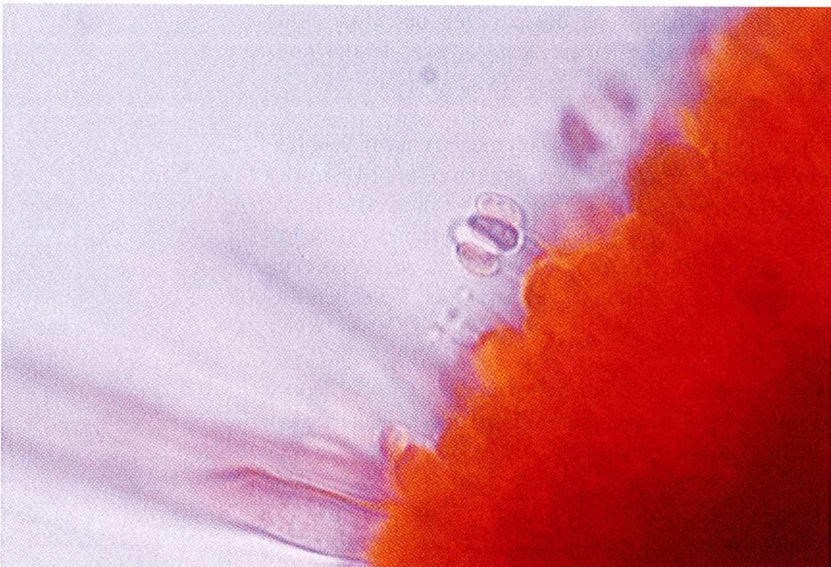


Photo : H. Drouet

Phanerochaete chrysosporium, champignon filamenteux dégradant la lignine.

• Réorientation de nos coopérations institutionnelles avec les pays industrialisés

Nous avons conclu un certain nombre d'accords avec des partenaires de pays tels que les États-Unis, le Canada, le Japon...

Si les coopérations individuelles sont déjà nombreuses, celles impliquant l'INRA en tant que tel (c'est-à-dire faisant appel à plusieurs unités et à des moyens financiers plus importants) ne sont encore que très peu identifiées. Or, comme nous l'avons vu ces coopérations représentent une part importante de nos relations, et si elles permettent aux scientifiques de l'INRA de pouvoir accéder ou demeurer au plus haut niveau mondial, elles offrent deux types de risques. Le premier risque est celui lié à la non-réciprocité de ces coopérations : nos partenaires étrangers, du fait de la structure même de leur budget sont très attentifs aux priorités en matière de séjours ou d'accueil de chercheurs, alors que nous ne faisons pas toujours cette analyse. Le second risque est lié à un transfert possible de savoir-faire unilatéral vers ces partenaires, dans des domaines qui sont considérés par l'INRA comme fondamentaux, comme la génomique ou certains aspects de biotechnologie industrielle. Une évaluation de ces coopérations est donc nécessaire, de façon à se placer au moins dans une position de "gagnant-gagnant" dans ce partenariat. La DRI ne peut analyser seule ce type de coopération, et il a été proposé de mener conjointement avec les directions scientifiques un travail de réflexion et d'évaluation sur l'orientation de ces coopérations, prenant en compte non seulement l'intérêt scientifique mais aussi des aspects socio-économiques, des critères d'équilibre dans les échanges...

• Renforcement de notre coopération avec la Recherche internationale (CGIAR)

L'INRA coopère avec le réseau des organismes du CGIAR [4] (Consultative Group on International Agricultural Research ou Groupe Consultatif sur la Recherche Agricole Internationale), mais reste très modeste par rapport au CIRAD et à l'IRD. L'ensemble de ces 17 instituts représente cependant un partenaire appréciable, tant par la qualité de ses équipes internationales de recherche que par ses moyens (340 M$, en 1999, soit 2 milliards de francs). Ceci nous conduit à cibler et à développer nos coopérations vers 3 ou 4 Centres dont les thématiques sont proches des nôtres : ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), CIP (Centro International de la Papa) et CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo) .

La priorité devrait être donnée en 2000 à une évaluation et à un renforcement de nos relations avec ces instituts,

tout en recherchant un rapprochement entre les projets que nous pourrons monter avec eux et les actions bilatérales envisagées dans les thématiques retenues : filières blé et maïs (CIMMYT), recherches sur la fixation azotée (CIAT), recherches sur l'eau et les problèmes de salinité ou la pathologie des petits ruminants, entre autres thématiques, (ICARDA), recherches sur les maladies de la pomme de terre (CIP)...

Les moyens mis en œuvre

• Renforcement des partenariats français

Notre action internationale devra s'appuyer sur 4 partenariats principaux :

• le CIRAD, avec qui un accord a été signé. Ce partenariat prend plusieurs formes : représentation commune à l'étranger ou en réunions bilatérales, projets communs dans les pays cités ci-dessus, réflexion en commun sur l'implication des organismes français dans les systèmes internationaux ;

• les écoles d'agronomie, en vue de renforcer notre capacité d'accueil en formation, indispensable dans les projets de coopération ;

• le ministère de l'Agriculture et de la Pêche, dont l'action internationale a été rénovée, et sur lequel nous pouvons nous appuyer au moins pour initier certaines formes de coopération. D'autre part, il apparaîtrait anormal de ne pas avoir au moins une certaine coordination avec notre tutelle technique, au moment où notre tutelle scientifique (et financière principale) cherche à donner plus de cohérence au dispositif français ;

• le secteur productif, en particulier pour des projets liés au développement de filières à l'étranger.

• Valorisation de nos relations extérieures

Trois priorités doivent être retenues :

• la valorisation de l'important vivier de chercheurs étrangers que l'INRA a accueillis en thèses ou en post-doc. La mise en place d'une sorte de Club des anciens stagiaires de l'INRA, permettant d'une part de fournir des informations sur l'Institut à ces partenaires, et d'autre part de recueillir de l'information sur leur situation, devrait permettre de disposer ainsi de correspondants privilégiés dans les pays où nous sommes appelés à coopérer et de contribuer au renom de l'établissement ;

• la sélection de réunions importantes (conférence, colloque, séminaire), où la présence de l'INRA tant quantitative que qualitative (président, rapporteur, modérateur), peut être valorisée sous la forme d'une contribution financière groupée, en échange d'un statut de parrainage reconnu ;

• la présence sélective de l'INRA dans des expositions à l'étranger, permettant de présenter 2 ou 3 domaines d'expertise de l'établissement : un effort a déjà été entrepris en Chine, mais cette action doit être développée durant les années à venir, en particulier vers les pays cibles présentés ci-dessus.

• Amélioration des liaisons internes

La politique internationale d'une institution comme l'INRA ne peut s'établir que si les options prises sont partagées par tous ses membres. Ceci suppose une écoute constante des besoins et aspirations des acteurs principaux de la maison que sont les départements et les équipes scientifiques, un affichage clair des priorités et une bonne coordination de tous les acteurs concernés. Il doit être recherché en particulier un meilleur échange d'informations entre la DRI, les directeurs scientifiques et les chefs de départements, les décisions finales devant refléter une adhésion de l'ensemble des services. La mise en place d'un site DRI en intranet et en internet, et l'ouverture des bases de données gérées par elles (missions, accueils, séjours longue durée, projets européens) à l'ensemble de l'Institut devrait concourir à cette amélioration. Cette action va permettre de mettre à disposition de l'ensemble de l'Institut toutes les informations disponibles, ainsi que des notes d'actualité en matière de coopération internationale, d'aides à l'accueil de boursiers ou d'assistance à la préparation de missions et de fournir également à nos partenaires français ou étrangers, des informations sur nos coopérations.

L'INRA en son sein compte un nombre important de chercheurs et d'ingénieurs déjà engagés dans des coopérations internationales. La première étape est donc de mobiliser cette source inestimable de connaissances, de compétences et d'expériences, afin de proposer une démarche volontariste solidement basée sur cet ensemble pour nos actions futures. L'émergence de "clubs internes" au sein de l'Institut, regroupant non seulement les responsables concernés de la DRI, mais surtout toutes ses compétences mobilisables dans les unités de recherche devrait permettre d'atteindre cet objectif. Ces clubs (tels que celui qui existe déjà pour la Méditerranée ou celui en formation pour la Chine), permettront ainsi d'échanger les expériences de coopération, de mener des actions transdisciplinaires, de proposer de nouvelles thématiques identifiées à l'occasion de contacts avec les partenaires étrangers ou de faire émerger de nouvelles voies de coopération.

• Recherche de ressources financières

Il est évident que le budget de l'INRA ne pourra seul supporter l'ensemble des actions proposées. La DRI est donc en train de rechercher diverses sources complémentaires, au niveau de la Commission européenne, des grandes banques de développement et de l'industrie. Ceci implique un travail de référencement auprès de ces grands donneurs d'ordre, et pour cela d'identification de nos domaines d'expertise. Cette tâche qui nécessite la mise en place d'une base d'information sur nos projets à l'étranger et une évaluation de leur intérêt final, est actuellement en cours au sein de la DRI : l'INRA est donc déjà référencé au

niveau des instances communautaires et le sera bientôt auprès de la Banque Mondiale et de la Banque asiatique de développement.

• Affirmation de notre place européenne et mondiale

L'INRA renforcera sa participation dans deux dispositifs informels qui ont été mis en place depuis 10 ou 15 ans : Euragri et la Tétrapartite. Ces deux "fora" annuels permettent en effet d'échanger de façon informelle, au niveau le plus élevé (Président, Directeur Général), des informations sur la vie des grands instituts (réformes, évolutions budgétaires, orientations stratégiques) ou de réfléchir sur des enjeux nouveaux des sciences agronomiques (OGM, qualité des produits, informations du public...). Ces échanges sont non seulement essentiels pour comprendre les prises de position des uns et des autres, mais aussi pour susciter des partenariats, des groupes de travail en commun ou d'autres initiatives conjointes. Ils permettent aussi de s'inspirer des expériences des autres instituts pour améliorer ou infléchir notre politique scientifique, au sens large.

• Rénovation et extension des tableaux de bord

Le suivi des coopérations internationales au niveau de l'ensemble de l'établissement est une condition essentielle pour l'analyse de leur évolution. Ceci est vrai déjà à titre d'information aussi bien vis-à-vis de l'intérieur que de l'extérieur de la maison, mais cela le devient encore plus pour évaluer à terme des décisions techniques et financières prises par la direction générale ou des actions menées par la DRI, telles que l'installation d'un représentant de l'INRA à l'étranger, le développement de réseaux sur une région, l'organisation de séminaires bilatéraux... Cette analyse nécessite de disposer d'un certain nombre de bases de données sur cette vie internationale de l'établissement.

La DRI effectue donc un effort de rénovation ou de développement de tableaux de bord, qui devront d'ailleurs être consultables par l'ensemble des personnes intéressées de l'INRA :

• **missions à l'étranger** : mise en œuvre de DOME 2 et d'une base de données sur les séjours longue durée ;
• **stagiaires étrangers** : mise en place d'une base de données centrale, d'un club des anciens stagiaires et d'un système d'information à leur attention ;
• **veille bibliométrique internationale** : approfondissement des travaux préparatoires menés en 1998 avec la DIC sur les publications en commun avec nos partenaires étrangers ;
• **rénovation ou plutôt transformation de l'outil GIPCI** : la mise en place d'une base de données "contrats" permettra déjà de disposer d'une connaissance approfondie de nos coopérations soutenues par l'Union Européenne, mais elle devra être complétée par des données sur d'autres coopérations moins formalisées, telles que PAI (Programmes d'Actions Intégrées, du MAE), réseaux GRAM ou GRESO (Groupes de Recherche Est-Ouest)...

Conclusions

L'INRA est le premier établissement de recherche agronomique en Europe et un des tout premiers sur le plan mondial. C'est une "maison" reconnue et appréciée dans les instances tant européennes qu'internationales : la coopération internationale pour un grand établissement de recherche n'est cependant pas seulement une simple affaire de relations publiques. C'est avant tout développer notre présence dans la recherche agronomique internationale, en faisant reconnaître la qualité de nos équipes à l'extérieur de nos frontières, en particulier dans des projets en partenariat. C'est aussi afficher une position qui permette de faire prendre en considération nos priorités dans l'élaboration des programmes internationaux ou dans le développement des échanges bilatéraux ; c'est enfin apporter un éclairage et un appui scientifiques aux décideurs nationaux ou européens dans l'affrontement économique que connaît le domaine agricole et rural à l'échelle mondiale. Cette évolution implique que l'INRA soit dans ce contexte, très attentif aux options prises non seulement sur le plan scientifique, mais aussi sur le plan économique, voire sur le plan social par notre gouvernement dans ses prises de position internationales.

L'INRA s'apprête donc à vivre, dans le domaine international, une évolution qui s'inscrit dans la réforme déjà mise en œuvre en matière d'orientations scientifiques et de management. Cette évolution nécessite, comme nous l'avons vu, non seulement une adaptation des missions et des orientations de la DRI, mais aussi de ses modes de travail et de ses outils afin de servir aussi bien les besoins en matière de prospective et d'anticipation du Collège de Direction, que ceux en matière de stratégie des départements ou ceux plus opérationnels des unités de recherche et des centres.

Un tel chantier ne peut cependant être le seul fait de la DRI : il implique une mobilisation de l'ensemble des chercheurs et des unités intéressées par ce développement. C'est dans cet esprit que nous susciterons l'émergence au sein de l'Institut, de ces "clubs" internes, regroupant des chercheurs déjà impliqués dans des coopérations extérieures et pouvant apporter une expérience concrète indispensable pour définir une stratégie et des modes nouveaux d'action. C'est aussi l'objet de l'ouverture début 2000 d'un site web sur les relations internationales de l'INRA, consultable autant de l'intérieur que de l'extérieur. C'est enfin la mobilisation de tous nos anciens boursiers, qui se comptent par milliers dans le monde, pour faire passer l'esprit INRA au-delà de nos frontières, et pour développer un véritable partenariat, avec des pays, des institutions et des scientifiques attachés à notre Institut.

Philippe Ferlin,
Directeur des Relations Internationales.

Économie et société Réflexions éthiques

La direction scientifique *Société, Économie et Décision* et la Mission *FormaSciences* de la Formation permanente ont organisé, une école-chercheurs [1] consacrée à l'éthique économique et sociale.

Une conviction qui s'exprime sur deux plans est à l'origine de cette initiative.

D'une part, nous sommes nombreux à être convaincus de la nécessité d'ouvrir un *lieu* de débat sur ce thème. À l'INRA, nous contribuons au développement scientifique et technique. Celui-ci crée des situations nouvelles, dont l'évaluation éthique ne saurait se fonder sur la seule intuition. Nous avons, comme chercheurs, ingénieurs, agents des cadres techniques et administratifs, une responsabilité particulière : les connaissances que nous élaborons et les réflexions auxquelles nous participons doivent en particulier permettre l'exercice d'un discernement bien informé, par nous-mêmes et par nos concitoyens. Cela est vrai notamment pour les questions économiques et sociales.

D'autre part, la science économique tire en partie son origine et son développement d'un questionnement éthique qu'il convient de prendre en compte. L'explicitation de ces cadres éthiques, des principes sur lesquels ils reposent, des difficultés qu'ils soulèvent apparaît indispensable à plusieurs d'entre nous pour traiter de manière pertinente les questions de recherche que posent par exemple la réorientation du soutien public à l'agriculture, la gestion conflictuelle des nuisances environnementales, les demandes actuelles des consommateurs, les possibilités accrues du génie génétique, la compétitivité internationale ou les impératifs de développement des peuples.

C'est dans cette double perspective qu'a été créé le groupe *Ethos*, dont l'animation est confiée à Dominique Vermersch (ESR, Rennes). L'école-chercheurs d'octobre 99 est la première initiative importante de ce groupe, qui se veut largement ouvert [2].

Emmanuel Jolivet,
Directeur scientifique
Société, Économie et Décision

▲ Contacts : Dominique Vermersch, dvermers@roazhon.inra.fr, Anne-Marie Gogué, gogue@paris.inra.fr

Programme

À la Londe des Maures du 26 octobre à 16h au 29 octobre 1999 à 14h

Séance introductive
Société, Économie et Décision : des responsabilités pour la Recherche Publique ?
(Emmanuel Jolivet, directeur scientifique)

• Éthique aujourd'hui
Les fondements de l'éthique économique et sociale (Christian Arnsperger, Chaire Hoover, université de Louvain la Neuve, Belgique)
Penser aujourd'hui le rapport Homme/Nature (Catherine Larrère, université Bordeaux III)
Éthique dans l'univers de la rationalité (Jean Ladrière, université de Louvain La Neuve)

• Éthique en question : ateliers thématiques pour discuter autour de communications
Thèmes généraux :
- Éthique et rationalité économique (Raphaël Larrère)
- Droit économique et philosophie du droit, quel dialogue ? (Laurence Boy)
- La dimension éthique du rapport Homme/Animal (Jean-Paul Laplace)

Thèmes spécifiques :
- Éthique de la filière agro-alimentaire (Sylvie Pouteau, Anne-Lucie Raoult-Wack/CIRAD)
- Le soutien public à l'agriculture et au développement rural : une question d'équité (Yves Léon)
- Les enjeux éthiques des prochaines négociations de l'OMC (Linda Fulponi)

• Éthique et témoins à la barre : rencontres avec des personnes en charge de décisions (publiques, économiques, entrepreneuriales...) ayant une évidente dimension d'éthique économique et sociale : Témoins : Gérard Toulouse, physicien à l'École Normale Supérieure, membre de comités d'éthique ; Bernard Lacan, président du directoire de Bongrain et compagnie Laitière Européenne ; Jean-Loup Dherse, ancien vice-président de la Banque Mondiale, co-auteur de "L'éthique ou le chaos", 1999.

Éléments de réflexion

Les textes principaux de cette école-chercheurs seront publiés dans la collection *Sciences en questions*.

Pour observer le cheminement de la réflexion, les organisateurs ont fait appel à deux candides, Pierre Le Neindre, éthologue, chercheur à Clermont et Claire Sabbagh, chargée de communication à la direction de l'Information et de la Communication à Paris.
Nous reprenons ici leurs notes.

Chronique

"Les marchandises ne vont pas au marché toutes seules" disait Marx. C'est donc qu'il y a des gens qui travaillent pour produire, fabriquer et vendre. Une économie centrée sur la seule circulation des produits peut devenir une terrible machine, efficace sans doute, mais incapable de répondre aux besoins et aspirations des individus. Or nous sommes aujourd'hui dans l'évidence d'une économie maîtresse du jeu mondial. Érigée en mode d'explication exclusif du monde, l'économie privilégie une logique de profit qui marginalise la tolérance, la solidarité, l'aspiration à une société plus juste. Pourtant, la discipline économique n'était-elle pas à l'origine une science morale, fondée par le souci de répartir équitablement les richesses produites par le travail des hommes ? Le lien entre l'économie et la morale, l'éthique dit-on aujourd'hui, apparaît distendu. Comment rapprocher ces deux termes ? Quel sens revêt cette exigence aujourd'hui à l'INRA pour des chercheurs œuvrant dans les

[1] Cette école-chercheurs est organisée par la DS SED à l'initiative d'Emmanuel Jolivet et de Dominique Vermersch et par la Formation permanente représentée par Nicolas Maurin et Cécile Tournu.

[2] Des informations sur l'ensemble de ses activités seront accessibles très prochainement sur le serveur de la direction scientifique *Société, Économie et Décision*, à l'adresse : http://www.inra.fr/Internet/Directions/SED/EES/index.html. Sont actuellement en préparation d'une part la publication des actes de la rencontre d'octobre 1999, d'autre part le programme d'une autre école-chercheurs qui aura lieu en octobre 2000.

[3] Voir tiré à part "Accueillir les nouveaux scientifiques et ingénieurs de l'INRA", n°102, décembre 1999.

secteurs clés de l'économie que sont l'agriculture et l'agro-alimentaire ?

Voici les questions qui ont réuni [1] une quarantaine de chercheurs : économistes, sociologues, biologistes, gestionnaires, juristes, technologues. Cette école-chercheurs entreprend une démarche novatrice et ambitieuse : montrer que les sciences sociales ne sont pas seulement un outil de formalisation des données établies par les sciences de la nature, pas uniquement des outils de mesure et d'évaluation a posteriori, mais qu'elles sont consubstantielles à l'activité de recherche : devant intervenir en amont pour explorer les champs d'investigation scientifiques et poser la question des enjeux, des objectifs, du sens et des limites.

Notre rôle consistait à ponctuer ces journées de courtes respirations sous forme de chroniques d'humeur dans lesquelles, à notre mesure, nous livrions à l'assemblée ce que nous avions retenu de ces échanges. D'abord effrayés par la difficulté de la tâche, nous nous sommes pris au jeu, passionnés par les débats et par notre nouveau métier de chroniqueurs.

Les trois journées de l'école s'ordonnaient selon une architecture adroitement conçue sur un rythme ternaire avec alternance d'exposés magistraux, d'ateliers et de témoignages sur le vif. Il s'établit ainsi un va-et-vient fécond entre la réflexion théorique qui fournit des outils conceptuels d'analyse, la confrontation des pratiques des chercheurs et l'agir d'acteurs de terrain immergés dans une réalité économique parcourue par l'éthique.

C'est un praticien enthousiaste de l'éthique, Gérard Toulouse [3], qui sera notre grand initiateur. Dès la première soirée il plante le décor. Qu'on se le dise : l'éthique est désormais une cause nationale, voire internationale ! Pour preuve la déclaration de Jacques Chirac le 14 juillet dernier devant l'Unesco : "Le XXe siècle a découvert le pouvoir sans limites de créer et le pouvoir sans limites de détruire. Le XXIe siècle sera le siècle de l'éthique".

Rappelant les bouleversements qu'a connus la science depuis la deuxième guerre mondiale, d'Hiroshima à la vache folle et aux OGM, Gérard Toulouse évoque la nécessité de mettre en place des bornes, autres que celles du droit dont le pas ne peut se régler sur les prodigieuses avancées des sciences et technologies du vivant. Il met en lumière la responsabilité du chercheur, désormais comptable devant la cité : la culture d'impunité dont ont longtemps joui les gouvernants et les scientifiques a vécu.

Dans les situations d'incertitude générées par les progrès scientifiques, il faut développer une capacité de réflexion plurielle sur les situations potentiellement à risques, qu'il s'agisse de préservation de l'environnement ou des manipulations du vivant. L'éthique est aujourd'hui reconnue d'utilité publique. Mais, comment la mettre en pratique ? D'abord, si la science est universelle, peut-on en dire autant de l'éthique ? Ensuite, est-ce affaire d'individus ou faut-il déléguer le soin de réfléchir à des professionnels réunis en comités ? Comment entendre et protéger les donneurs d'alerte qui fraient avec courage la voie à la pensée neuve et éveillent les consciences ? Le débat est lancé et c'est autour de ces questions que va se construire la réflexion.

Des réflexions théoriques

Trois exposés magistraux vont jeter les bases théoriques. Leur intitulé a dû faire frémir plus d'un ; on avait pourtant tort de s'alarmer. C'est d'abord **Christian Arnsperger** qui dresse un panorama lumineux des **grandes écoles de pensée de l'éthique économique et sociale** : acteurs économiques, citoyens, individus ou collectifs, êtres humains... selon la façon dont on nomme les membres d'une société, on fait référence à des systèmes économiques et politiques différents. Quels principes fondent ces systèmes ? Quels sont leurs modes d'organisation ? Quelle place font-ils aux notions de solidarité, de liberté et d'égalité ? La question essentielle est celle du lien qui à travers des valeurs partagées serait susceptible de maintenir la cohésion du corps social. "Djhad versus Mc Do", l'être contre l'avoir, l'intégrisme contre l'économisme : comment sortir de l'impasse ?

Vint ensuite la leçon de **philosophie de la nature** de **Catherine Larrère**, qui prend un malin plaisir à nous déstabiliser : en effet, à peine nous a-t-elle emplis d'une fierté bien légitime en nous apprenant que nous étions modernes, qu'elle nous exhorte à sortir de cette modernité, c'est-à-dire de la croyance où nous sommes depuis Descartes d'être "Maîtres et possesseurs de la nature".

Enfin, ce fut la pensée en action du mathématicien-éthicien **Jean Ladrière** qui noue fil à fil la toile des **relations entre la science et l'éthique**. Pas sûr que dans ce labyrinthe de concepts

épistémologiques et éthiques (comment fonctionne la pensée scientifique ? comment la science s'inscrit-elle dans la réalité humaine ?) nous soyons capables de retrouver notre chemin si d'aventure notre pilote nous abandonnait là. Qu'importe ! Il faudra revenir, se dit-on, prendre le temps, relire, relier et réfléchir.
Évitant tout jargon, avec un souci de clarté et une hauteur de vue remarquables, nos trois théoriciens pointent la complexité des problèmes et l'exigence de réflexion qu'ils supposent. Ils laissent l'assistance plus instruite mais déstabilisée par l'ampleur de l'entreprise.

Explorer des thématiques concrètes entre disciplines

En parallèle, ont lieu les travaux pratiques avec les ateliers thématiques : **relations homme-animal ; éthique et rationalité économique ; éthique dans les filières agro-alimentaires ; soutien public à l'agriculture et au développement rural ; éthique et Organisation Mondiale du Commerce** (OMC).

Là, les questions de recherche propres à chaque discipline, à chaque champ scientifique sont revisitées par l'introduction de la dimension éthique, nourries et renouvelées à la lumière des apports de nos trois théoriciens. C'est un exercice difficile, foisonnant où se croisent des points de vue qui d'ordinaire s'ignorent : le juriste dialogue avec le biologiste, le sociologue avec le technologue... Chacun trouve dans ce décalage avec ses préoccupations immédiates matière à nouvelles interrogations, à un angle d'approche inédit des problèmes qu'il rencontre quotidiennement dans son champ d'intervention spécifique. Les questions qui ont émergé ont porté sur les conditions d'acceptabilité de l'innovation, le rétablissement du lien social entre producteurs et consommateurs, l'information scientifique et le rôle du scientifique dans sa diffusion, la mise en pratique du principe de précaution, les relations avec le secteur privé...

Mieux connaître quelques réalités industrielles ou internationales

L'intervention des "visiteurs du soir", troisième temps de ces journées, permet à l'horizon de se déployer encore davantage.
Après Gérard Toulouse, il y eut Bernard Lacan, du directoire de Bongrain, entreprise familiale ancrée dans la tradition, heureuse propriétaire de la marque "Caprice des Dieux". Pour Bernard Lacan, l'éthique se vit le regard rivé sur le tableau de bord où clignotent simultanément les voyants rouges de la concurrence, de la pression des consommateurs, de la gestion de l'entreprise et des contraintes de la réglementation. Il définit l'éthique comme un code de bonnes pratiques, qui se construit à tâtons. Avec notre dernier invité, Jean-Loup Dherse, ancien administrateur de la Banque Mondiale, nous entrons dans une autre dimension. Changement d'échelle : nous voilà propulsés à la vitesse des jets intercontinentaux, du Japon aux USA, admis dans le cercle très privé des 25 décideurs planétaires. Là, pas question de tergiverser, de peser indéfiniment le pour et le contre. L'action prime ! Le critère de l'éthique pour ces managers pressés de prendre des décisions qui engagent l'avenir du monde, c'est selon Jean-Loup Dherse, "mesurer l'effet potentiel d'une décision sur ceux qui ne peuvent ni récompenser ni punir". La vertu du profit s'est convertie en profit de la vertu ! Avec cette intervention, nous voilà à mille lieues du monde de la recherche avec ses doutes et ses incertitudes. On ne s'étonnera donc pas de l'émotion qu'elle a fait naître dans l'assistance.

Cette école-chercheurs d'un genre nouveau a été un extraordinaire creuset d'approches, de modes de pensée, de cultures, de métiers. Elle a suscité à la fois jubilation de l'esprit et gravité et ancré la conviction d'une nécessité de fertilisation croisée entre économie et éthique. Que faire maintenant ? Les participants ont exprimé le souhait que cette expérience ne demeure pas sans lendemain et que cette initiative soit largement relayée vers l'extérieur, car ce qui a été dit durant ces trois jours intéresse et questionne tous les chercheurs quelle que soit leur discipline d'origine.

En attendant la prochaine publication des actes, nous ne résistons pas à livrer à votre méditation, cette phrase de Bossuet citée par Gérard Toulouse qui sonne comme une invitation malicieuse à rejoindre le débat : "Dieu se rit des créatures qui déplorent les effets dont elles continuent de chérir les causes".

À suivre•••

Claire Sabbagh, Paris,
Pierre Le Neindre,
Clermont-Ferrand. ■



Coquille de pintade observée en lumière polarisée montrant l'imbrication des cristaux de calcite dans sa partie supérieure (épaisseur 0,4 mm). Photo : O. Kälin

Les résumés sont d'*INRA mensuel*

À ce numéro sont joints :
• "L'agriculture biologique et l'INRA" (28 p.)
• "Info' nouveautés 2000" INRA Éditions (4 p.)

Directeur de la publication : Marie-Françoise Chevallier-Le Guyader / Responsable de l'INRA mensuel : Denise Grail
Maquette et P.A.O. : Pascale Inzérillo / Secrétariat : Frédérique Chabrol - Mél. chabrol@paris.inra.fr/ Photothèque INRA : Jean-Marie Bossennec - Julien Lanson - Christophe Maître
Comité de lecture : Pierre Sellier (APA) / Pierre Cruiziat, Agnès Hubert (EFA) / Alain Fraval (ME&S) / Jean-Paul Laplace (NHSA) / Christiane Grignon, Camille Raichon (SED) / Brigitte Cauvin (Jouy-en-Josas)
Jean-Claude Druart (Thonon-les-Bains) / Laurence Garmendia (Relations internationales) / Daniel Vermeire (Relations industrielles et valorisation) / Nicole Prunier (DIC) / Marie-Thérèse Dentzer (Service de Presse)
Frédérique Concord (Service juridique) / Daniel Renou (DADP) / Catherine Frayssinet (Programmation et financement) / Jean-Pierre Frémeaux (Ressources humaines) / Raditja Ilami-Langlade (Retraités)

INRA, Direction de l'information et de la communication (DIC), 147 rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07. Tél : 01 42 75 90 00.
Conception : Philippe Dubois / Imprimeur : Graph 2000 / Photogravure : Vercingétorix / ISSN 1156-1653 Numéro de commission paritaire : 1799 ADEP